


BIBLIOTHECA
MEDICA
A. D.
1812
UNIVERSITATIS
GLASGUENSIS
Days for perusal


VIA VERITAS VITA

RECHERCHES

ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

SUR

LA STRUCTURE INTIME

DES ANIMAUX ET DES VÉGÉTAUX,

ET SUR LEUR MOTILITÉ.

PAR

M. H. DUTROCHET,

DOCTEUR EN MÉDECINE, CORRESPONDANT DE L'INSTITUT DE FRANCE DANS L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES, MEMBRE ASSOCIÉ DE L'ACADÉMIE ROYALE DE MÉDECINE, DES SOCIÉTÉS PHILOMATIQUE, LINNÉENNE ET MÉDICALE D'ÉMULATION DE PARIS, DES ACADÉMIES DE ROUEN, DE LYON, DE TOULOUSE, etc.,

AVEC DEUX PLANCHES.

A PARIS,

CHEZ J. B. BAILLIÈRE, LIBRAIRE,

RUE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE, N° 14.

1824.

RECHERCHES

ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

SUR LA STRUCTURE INTIME

DES ANIMAUX ET DES VÉGÉTAUX,

ET SUR LEUR MOTILITÉ.

INTRODUCTION.

Tous les êtres vivants sont susceptibles de subir certaines modifications vitales, par l'influence de certains agents qui leur sont extérieurs. Les physiologistes ont donné le nom de *sensibilité* à la faculté, à la propriété vitale, en vertu de laquelle a lieu cette influence des causes extérieures sur l'être vivant. Ce que nous appelons sentir ne se peut guère définir; chacun sait ce que c'est par sa propre expérience. Ce sont nos sensations qui nous donnent la conscience de l'existence, qui font que nous avons un *moi*. Toutes les fois que nous observerons, dans un être vivant, des preuves bien certaines qu'il possède la conscience de l'existence, nous pourrons affirmer,

par cela même, qu'il possède la sensibilité; nous serons autorisés à lui refuser cette faculté lorsqu'au contraire il nous sera bien démontré qu'il ne possède point la conscience de son existence individuelle. Les végétaux sont dans ce dernier cas: personne, je pense, ne sera tenté de leur accorder un *moi*, et par conséquent des sensations; cependant ils manifestent souvent, par les mouvements qu'ils exécutent à l'occasion de l'influence de certaines causes extérieures, qu'il se passe chez eux un phénomène analogue à celui que l'on appelle *sensation* chez les animaux. Les physiologistes de l'école de Bichat considèrent ce phénomène comme appartenant à la sensibilité que cet auteur nomme *organique*; sensibilité d'une nature particulière, qui n'est point une source de sensations, et qui existe de même dans les organes intérieurs des animaux. Chacun connaît la distinction que Bichat a établie de deux vies, l'une *animale*, l'autre *organique*, chez les animaux. Selon ce physiologiste, ces deux vies possèdent chacune une sensibilité particulière: la sensibilité animale est la seule qui soit une source de sensations; la sensibilité organique n'en procure aucune. Or, si l'on prétend que, dans l'exercice de la sensibilité organique, la sensation est bornée à la partie sur laquelle agit la cause qui la met en jeu, on est conduit par cela même à admettre dans cette partie des sensations individuelles et un *moi* particulier. Le corps d'un animal devient de cette manière un assemblage d'êtres qui ont tous leurs sensations, leurs appétences, leurs aversions parti-

culières. Cette théorie entraîne nécessairement l'idée d'un *moi* particulier, d'une volonté particulière dans chaque organe. Cette hypothèse est évidemment inadmissible. On ne peut véritablement point dire que les organes qui ne procurent jamais de sensations aient de la sensibilité; cependant les organes intérieurs des animaux exécutent des mouvements sous l'influence de certaines causes qui leur sont extérieures; ils ont donc une propriété vitale analogue à la *sensibilité*. Ces conséquences contradictoires prouvent que c'est à tort que l'on se sert en physiologie du mot *sensibilité*. Que l'on supprime ce mot, lequel ne réveille que des idées purement morales, et qu'on le remplace par une expression qui représente la nature matérielle du phénomène en question, et toutes les difficultés disparaîtront à cet égard. Nous pouvons trouver cette expression nouvelle dans l'étude de la manière dont nos sensations sont produites. Les agents extérieurs, lorsqu'ils nous font éprouver des sensations, produisent une modification d'une nature quelconque dans les sens sur lesquels ils agissent; il y a par conséquent production d'un mouvement particulier; l'organe est *remué*. Nous ignorons quelle est la nature de ce mouvement, mais son existence n'en est pas moins incontestable. Ce mouvement est transmis, par le canal des nerfs, au cerveau, siége unique du *moi*, et par conséquent des sensations. Je donne à ce phénomène de mouvement, produit dans les sens par les agents du dehors et transmis par les nerfs, le nom de *nervimotion*, et à la propriété vitale

en vertu de laquelle il a lieu, le nom de *nervimotilité* [1]; je donne aux agents extérieurs qui sont susceptibles de produire la nervimotion, le nom *d'agents nervimoteurs*. La nervimotion est un phénomène purement physique; il précède constamment le phénomène moral de la sensation, mais il n'en est pas toujours suivi: ainsi nos organes intérieurs possèdent la *nervimotilité*, ils éprouvent la *nervimotion;* mais il n'en résulte point de *sensation*, comme cela a lieu pour nos organes extérieurs; ceci tient à des secrets particuliers de la vie. Cette distinction étant une fois bien établie entre les phénomènes moraux et les phénomènes physiques, la science de la vie devient plus simple et plus facile; elle peut même devenir une science exacte. Il était impossible d'appliquer des mesures à la *sensibilité* et à la *sensation*, tandis que la *nervimotilité* et la *nervimotion* sont susceptibles de mesures, comme tous les phénomènes physiques. Je le répète, ce n'est qu'en bannissant de la physiologie toutes les expressions qui n'éveillent que des idées morales, qu'on se mettra sur la voie de lui faire faire de nouveaux progrès. La nature de la sensibilité, comme celle de la sensation, est totalement inaccessible à notre investigation. Notre faculté de sentir est

[1] M. Flourens, dans ses *Recherches sur les fonctions du système nerveux*, nomme *irritabilité* la propriété vitale que je désigne ici sous le nom de *nervimotilité*. Je regrette de ne pouvoir adopter avec lui cette expression, qui, détournée ainsi du sens qui lui a été donné par tous les physiologistes, ne pourrait que produire la plus grande confusion dans les idées.

celle à l'aide de laquelle nous connaissons, il nous est par conséquent impossible de la connaître elle-même. Il est donc contraire à la saine raison, à la bonne philosophie, de placer dans une science d'observation, telle que la physiologie, celui de tous les phénomènes de la nature qui est le plus nécessairement soustrait à nos recherches; l'étude de la sensibilité et de la sensation appartient exclusivement à la psychologie.

La vie, considérée dans l'ordre physique, n'est autre chose qu'un mouvement: la mort est la cessation de ce mouvement. Les êtres vivants nous offrent diverses facultés de mouvement; à leur tête est la *nervimotilité*, faculté d'éprouver certaines modifications, certains changements dans leur être, par l'influence de certains agents du dehors, ou des agents *nervimoteurs*. Ce premier mouvement, qui est invisible, est la source des mouvements visibles qu'exécutent les parties vivantes. La faculté d'exécuter ces mouvements qui déplacent les parties peut recevoir le nom de *locomotilité*: elle offre deux mouvements opposés, la *contraction* et la *turgescence*. Toutes ces facultés de mouvements se rattachent à une seule faculté générale, que je désigne sous le nom de *motilité* vitale [1]: c'est la vie elle-même.

La motilité vitale nous offre, chez tous les êtres

[1] On sait que le mot *motilité* a été introduit dans le langage physiologique par M. Chaussier, mais avec une signification moins étendue que celle que je lui donne ici.

vivants, les mêmes phénomènes principaux. Partout il y a *nervimotilité*, et par conséquent *nervimotion* sous l'influence des agents *nervimoteurs;* partout aussi il y a *locomotilité* ou faculté de changer la position des parties. Les végétaux offrent, comme les animaux, ces deux facultés de mouvement; mais elles sont, chez eux, bien moins énergiques, bien moins développées. Il est fort peu de végétaux dont les parties soient susceptibles d'exécuter ces mouvements brusques, rapides qui, tels que ceux que l'on observe chez la sensitive, frappent d'étonnement par leur ressemblance avec les mouvements des animaux; mais tous les végétaux ont la faculté de donner une direction spéciale à leurs diverses parties, et cette faculté se rattache aux lois générales de la motilité vitale, ainsi que cela sera démontré dans le cours de cet ouvrage. L'étude des lois qui président à la motilité vitale est, chez les animaux, d'une difficulté peut-être insurmontable, à raison de l'extrême complication des causes, tant intérieures qu'extérieures, qui peuvent influer sur l'état de cette motilité. L'étude, à cet égard, se simplifie beaucoup chez les végétaux, et c'est probablement à eux seuls que l'on devra la solution des principaux problèmes de la science de la vie. Les secrets de cette science sont disséminés dans tout le règne organique; aucun être en particulier et même aucune classe d'êtres ne fournit les moyens faciles d'apercevoir tous ces secrets. Le physiologiste doit donc interroger tous les êtres vivants sans exception: chacun d'eux lui dira son mot;

chacun d'eux soulèvera à ses yeux une portion particulière du voile dont la nature couvre ses mystères; et c'est de l'universalité de ces recherches que sortira la connaissance complète des phénomènes de la vie.

SECTION Ire.

OBSERVATIONS SUR L'ANATOMIE DES VÉGÉTAUX, ET SPÉCIALEMENT SUR L'ANATOMIE DE LA SENSITIVE (*mimosa pudica*. L.).

L'anatomie végétale, étudiée avec le plus grand soin par les observateurs les plus exercés, est certainement arrivée au dernier degré de perfection auquel il soit possible de la conduire par les moyens mis en usage pour cette étude. Que pourrait-on, en effet, attendre de nouveau de l'observation microscopique des organes des végétaux, après les recherches de Leuwenhoeck, de Grew, de Malpighi, d'Hedwig; après les travaux récents de messieurs Mirbel, Link, Tréviranus, Sprengel, etc.? On doit penser qu'après de pareils observateurs il y a bien peu de chose à faire, à moins que l'on ne trouve de nouveaux moyens d'investigation. Bien persuadé de cette vérité, j'ai cherché, par des essais nombreux, à rendre plus facile qu'elle ne l'a été jusqu'à ce jour l'étude de l'anatomie végétale, et j'y suis parvenu au moyen d'un procédé bien simple. Le plus grand obstacle que la nature ait mis à l'étude des organes intérieurs des végétaux n'est pas leur extrême petitesse; c'est la difficulté d'isoler ces petits organes les uns des autres pour les étudier séparément. Leur forte adhérence mutuelle rend cet

isolement presque impossible; de plus, ces organes sont opaques pour la plupart, ce qui augmente la difficulté de leur observation, qu'on ne peut faire qu'avec le secours du microscope. J'ai essayé divers moyens pour remédier à ce double inconvénient, et j'en ai trouvé un qui a parfaitement rempli le but que je me proposais. Je place un fragment du végétal que je veux étudier dans une petite fiole remplie d'acide nitrique, et je plonge cette fiole dans l'eau bouillante. Par cette opération, les parties qui composent le tissu végétal perdent leur agrégation et deviennent transparentes, ce qui facilite singulièrement leur étude. En même temps les trachées et les autres vaisseaux se remplissent d'un fluide aériforme, ce qui leur donne au microscope un aspect tout particulier, et fournit un nouveau moyen pour les observer. On sent qu'il ne faut pas que cette opération soit poussée trop loin, car le tissu végétal serait tout-à-fait désorganisé: c'est à l'observateur à limiter le temps que le végétal doit rester dans l'acide nitrique, et cela selon la délicatesse plus ou moins grande de son tissu. Moins l'ébullition est prolongée, mieux cela vaut: en général, il ne faut pas attendre que le tissu végétal soit devenu tout-à-fait transparent, et qu'il se divise spontanément. Avant cette époque de dissolution, il est déjà devenu facile à déchirer dans l'eau avec des pinces, et ses éléments organiques dissociés sont devenus très faciles à étudier. Pour faire cette observation, je place dans l'eau, contenue dans un cristal de montre, des fragments aussi petits qu'il est possi-

ble de se les procurer par la division mécanique, et je les soumets au microscope.

C'est le désir de connaître l'anatomie particulière de la sensitive (*mimosa pudica L.*) qui m'a engagé dans ces recherches, que j'ai étendues ensuite à beaucoup d'autres végétaux. Ce sera donc l'anatomie de cette plante qui me servira de texte. J'y rattacherai des considérations sur l'organisation des autres végétaux, lorsque cela me paraîtra nécessaire pour éclaircir des points obscurs, et résoudre certaines questions.

Je commencerai l'étude anatomique de la sensitive par l'examen de la moelle. Elle est, comme celle de tous les végétaux, entièrement composée de tissu cellulaire. Les cellules qui la composent offrent une forme hexagonale assez régulière dans quelques endroits, et, dans d'autres, leur forme est tout-à-fait irrégulière; en général, elles sont disposées en séries longitudinales. Grew a comparé le tissu cellulaire à l'écume d'une liqueur en fermentation, et M. Mirbel adopte cette comparaison, qui s'accorde parfaitement avec la manière dont il considère le tissu cellulaire. En effet, il admet que les cellules ont une paroi commune là où elles se touchent, en sorte qu'elles seraient pratiquées dans un tissu membraneux continu; mais l'observation infirme cette assertion. En effet, lorsqu'on soumet à l'ébullition dans l'acide nitrique la moelle de la sensitive ou celle de tout autre végétal, on voit toutes les cellules se séparer les unes des autres, et se présenter comme autant de vésicules com-

plètes qui conservent leur forme, laquelle leur avait été donnée par la compression que les cellules voisines exerçaient sur elles : ainsi, partout où deux cellules se touchent, la paroi qui les sépare offre une double membrane. On voit d'après cela que la comparaison du tissu cellulaire à l'écume manque tout-à-fait de justesse.

Dans la moelle de la sensitive, chaque cellule porte plusieurs corpuscules arrondis, opaques dans leurs bords, et transparents dans leur milieu. (Fig. 1.) Ces petits corps à demi opaques, et percés, en apparence, dans leur milieu, ont été observés dans le tissu cellulaire de beaucoup de végétaux par M. Mirbel : il les considère comme des pores environnés d'un bourrelet opaque et saillant. L'observation de la moelle de la sensitive ne me permettait guère d'admettre cette assertion ; en effet, le tissu cellulaire dont elle est composée est incolore et d'une transparence parfaite, tandis que le trou prétendu qui est au centre des petits corps dont il est ici question transmet à l'œil une lumière verdâtre. Il me parut que ces petits corps n'étaient autre chose que des petites cellules globuleuses, remplies d'une matière verdâtre transparente, lesquelles, en leur qualité de corps sphériques transparents, rassemblaient les rayons lumineux dans un foyer central, et devaient, par conséquent, paraître opaques dans leur pourtour. Chacun sait que tel est l'effet de la réfraction des rayons lumineux par les corps transparents sphériques ou lenticulaires. Ce soupçon s'est changé

en certitude par l'observation de l'effet que produit l'acide nitrique sur ces corpuscules transparents : en effet, lorsqu'on fait chauffer la moelle de la sensitive dans cet acide, les cellules acquièrent une grande transparence, et les corpuscules dont il est ici question deviennent complètement opaques ; leur centre ne transmet plus aucun rayon de lumière. Cette observation prouve d'une manière incontestable que les petits corps qui sont situés sur les parois des cellules ne sont pas des pores environnés d'un bourrelet opaque, comme le pense M. Mirbel, mais que ce sont véritablement des petites cellules globuleuses, remplies d'un fluide qui est concrété et rendu opaque par l'acide nitrique. On sait que les fluides qui ont été concrétés par les acides sont ordinairement dissous et fluidifiés de nouveau par les alkalis. Il était important de savoir si ce phénomène chimique se manifesterait par rapport aux corpuscules concrétés de la moelle de la sensitive. J'ai donc placé sur une lame de verre quelques fragments de cette moelle dont les corpuscules étaient devenus opaques par l'action de l'acide nitrique ; je les ai couverts d'une grosse goutte de solution aqueuse de potasse caustique [1], et j'ai présenté la lame de verre avec précaution à la flamme d'une lampe à esprit de vin, afin que la chaleur favorisât la dissolution. Au bout de quelques minutes, ayant examiné

[1] C'est de la potasse caustique à la chaux, ou hydrate de potasse, que j'ai fait usage.

ce tissu cellulaire au microscope, j'ai trouvé tous les corpuscules transparents dans leur milieu, avec une teinte verdâtre, comme cela avait lieu dans l'état naturel : ainsi il est évident que l'alkali avait dissous et rendu transparent le fluide que l'acide avait concrété et rendu opaque. Cette double expérience, qui sera répétée souvent dans la suite de cet ouvrage, ne permet donc plus de douter que les corpuscules arrondis dont il est ici question ne soient, comme je l'ai dit plus haut, de petites cellules globuleuses remplies d'un fluide concrescible par les acides et soluble dans les alkalis. Il n'y a point de végétal dont le tissu cellulaire ne soit muni avec plus ou moins d'abondance de ces petites cellules globuleuses, qui sont situées dans l'épaisseur des parois des grandes cellules; nous verrons plus bas qu'on les trouve aussi à la surface de certains tubes végétaux. Quelle est la nature, quels sont les usages de ces corpuscules globuleux vésiculaires? c'est ce qu'il est impossible de déterminer par l'étude des seuls végétaux. Ce n'est que l'étude comparée de la structure intime des animaux qui peut ici nous fournir des lumières. Les recherches microscopiques de plusieurs observateurs, recherches qui seront exposées plus bas, ont appris que tous les organes des animaux sont composés de corpuscules globuleux agglomérés. Il est évident que ces corpuscules sont les analogues de ceux que nous venons d'observer dans le tissu organique des végétaux, chez lesquels ils sont infiniment moins nombreux qu'ils ne le sont chez les animaux.

Cette observation nous montre une certaine analogie de structure organique entre les végétaux et les animaux, mais elle ne nous éclaire point sur les fonctions de ces petits organes globuleux. Comme ils composent tous les organes des animaux, cela prouve que ce n'est point de leur forme qu'il faut tirer des inductions pour déterminer leurs fonctions; mais, chez les animaux, la nature chimique de ces corpuscules globuleux n'est point partout la même. Ainsi, ceux qui composent les muscles sont solubles dans les acides, tandis que ceux qui composent le système nerveux sont insolubles dans ces mêmes acides, mais seulement solubles dans les alkalis. Or, telle est aussi la nature chimique des corpuscules globuleux que l'on observe dans les végétaux, ainsi que nous venons de l'exposer. Ceci peut donc autoriser à penser que ces corpuscules globuleux sont des organes nerveux, ou plutôt que ce sont les éléments épars d'un système nerveux diffus, ou qui n'est point réuni en masses, comme il l'est chez les animaux. Cette considération, appuyée sur l'analogie de la nature chimique des corpuscules globuleux, est encore fortifiée par l'observation de la structure intime du système nerveux de certains animaux : ainsi, chez les mollusques gastéropodes, la substance médullaire du cerveau est composée de cellules globuleuses agglomérées, sur les parois desquelles il existe une grande quantité de corpuscules globuleux ou ovoïdes, comme on le voit dans la figure 20. Ces corpuscules, de couleur blanche, sont évidem-

ment de très petites cellules remplies de substance médullaire nerveuse; elles sont situées sur les parois des grandes cellules qui contiennent une substance demi-transparente. La similitude de cette organisation avec celle du tissu cellulaire médullaire des végétaux est évidente : nous voyons ici de même de petites cellules globuleuses, remplies de substance concrescible par les acides, et situées sur les parois des grandes cellules. Cette analogie très remarquable de structure qui existe entre le tissu cellulaire médullaire des végétaux et la substance du cerveau des mollusques est donc une analogie de plus, qui sert à étayer l'opinion que nous venons d'émettre sur la nature et sur les fonctions des corpuscules végétaux que nous considérerons comme des molécules nerveuses éparses sur les parois des cellules; et, en effet, les phénomènes singuliers que présentent les végétaux *irritables* ne permettent guère de douter qu'il n'y ait chez eux quelque chose d'analogue aux fonctions que remplit le système nerveux chez les animaux. Ces phénomènes tendent, par conséquent, à prouver qu'il y a chez les plantes, sinon un système nerveux, au moins quelques éléments de ce système. On sent qu'il serait impossible de trouver un plus grand nombre de preuves tirées de l'analogie entre les animaux et les végétaux, pour établir, chez ces derniers, l'existence des éléments du système nerveux. L'immense distance qui sépare ces deux classes d'êtres ne laisse subsister entre elles aucune de ces analogies empruntées de la forme générale et

de la position des masses qui nous servent, dans l'anatomie comparée des animaux, à déterminer la nature des organes. Déjà ces analogies ont disparu graduellement chez les zoophytes; il ne reste, chez les végétaux, lorsqu'on veut les comparer aux animaux, que les analogies empruntées de la forme, de la position, et de la nature chimique des particules qui composent le tissu organique. Lors donc que nous avons saisi ces analogies des particules, nous avons saisi tout ce qu'il y a de comparable dans la structure organique des végétaux et des animaux. Fondé sur les observations qui viennent d'être exposées, je n'hésiterai donc point à considérer les corpuscules globuleux de nature concrescible qui sont situés dans les parois des cellules des végétaux, comme des *corpuscules nerveux;* je les désignerai dorénavant sous ce nom, que l'on devra considérer comme une expression abrégée qui signifie *une cellule globuleuse microscopique, remplie de substance nerveuse.*

Les cellules de la moelle ne contiennent que de l'air dans les tiges de la sensitive un peu âgées; mais lorsque ces tiges sont naissantes, comme elles le sont aux extrémités des rameaux, les cellules de la moelle contiennent un fluide diaphane concrescible par la chaleur et par les acides, et soluble cependant dans ces derniers. Pour voir cela, il faut couper une tranche de moelle extrêmement mince, et la mettre dans un peu d'eau. Cette tranche transparente, observée au microscope, ne fait apercevoir que des cellules dia-

phanes dans les parois desquelles on distingue une grande quantité de corpuscules nerveux; mais si l'on trempe cette tranche dans l'acide nitrique froid pendant une ou deux minutes, on voit que plusieurs de ces cellules deviennent opaques, tandis que les autres conservent leur transparence, comme on le voit dans la figure 2. C'est spécialement auprès de l'étui médullaire que ces cellules opaques sont nombreuses. Cette observation prouve que ces cellules contiennent, dans l'état naturel, un fluide diaphane qui est concrété par l'action à froid de l'acide nitrique. Si l'on fait chauffer dans cet acide la petite tranche dont il vient d'être question, toutes les cellules qui étaient devenues opaques reprennent leur transparence; il y a dissolution complète de la substance concrétée qu'elles contenaient.

L'étui médullaire de la sensitive est composé d'une assez grande quantité de trachées qui, dans l'état naturel, ne se déroulent point; elles sont extrêmement petites. Lorsqu'on fait bouillir la tige de cette plante dans l'acide nitrique, les trachées se remplissent d'air; on les voit alors très facilement, d'autant plus que le tissu végétal environnant a acquis de la transparence. La propriété de l'acide nitrique à chaud étant de détruire l'agrégation des organes qui composent les végétaux, il en résulte que par ce moyen les trachées s'isolent tout-à-fait du tissu végétal environnant, et qu'elles deviennent plus faciles à dérouler qu'elles ne l'étaient auparavant. J'espérais, par ce moyen, obtenir le déroulement des trachées de la sensitve; ce-

pendant, quoique je leur eusse fait subir une ébullition de dix minutes, elles refusèrent de se dérouler : on pourrait penser, d'après cela, que ce ne sont point des trachées. On sait que M. Mirbel a admis chez les végétaux des *fausses trachées*, c'est-à-dire des tubes qui, par leur aspect, ressemblent extérieurement aux trachées, mais qui en diffèrent parcequ'ils ne se déroulent point comme elles : mais tels ne sont point les vaisseaux de la sensitive dont il vient d'être question ; car, en les faisant bouillir pendant long-temps dans l'acide nitrique, ils finissent par devenir susceptibles de se dérouler. Ainsi, l'impossibilité qu'il y avait de dérouler ces trachées dans l'état naturel provenait de l'adhérence mutuelle de leurs spires qui était plus forte que la ténacité du fil spiral, en sorte que celui-ci se rompait plutôt que de quitter l'adhérence qui l'unissait aux spires voisines. Une longue ébullition dans l'acide nitrique détruit cette adhérence, et alors les apparentes *fausses trachées* se trouvent être des trachées véritables. M. Link, dans ses *Recherches sur l'anatomie des plantes* [1], a fait mention de ces trachées qui ne se déroulent point ; il les nomme *vaisseaux en spirale soudée*. Au reste, j'ai observé que les spires des trachées sont unies entre elles par une membrane transparente qui se déchire lorsqu'on déroule le fil spiral ; cela se voit avec facilité lorsque, par l'ébullition dans l'acide nitrique, on a complètement isolé des trachées qui

[1] *Annales du Muséum d'histoire naturelle*, tome 19.

se trouvent remplies d'air, et dont les spires sont un peu éloignées les unes des autres. L'un des végétaux qui se prête le mieux à ce genre d'observations est le *solanum tuberosum*. Les pétioles des feuilles de cette plante contiennent des trachées très grosses et plongées dans un tissu très délicat, ce qui rend leur observation très facile, surtout à l'aide de l'acide nitrique. On peut, sur ce végétal, voir avec facilité la membrane qui unit entre elles les spires des trachées. M. Mirbel a fait mention de cette membrane dans son *Traité d'anatomie et de physiologie végétale*; car il dit positivement que la trachée, en se déroulant, présente *quelquefois* deux filets réunis par une membrane intermédiaire. Il dit un peu plus bas : *On peut conjecturer avec quelque apparence de raison que, dans beaucoup de cas, les trachées ne se déroulent que parcequ'on déchire les membranes qui unissent les spires entre elles* [1]. Mais, quittant bientôt cette manière de voir, qui ne s'accordait pas avec sa théorie, M. Mirbel considère les trachées comme formées d'une lame roulée en spirale, bordée souvent de petits bourrelets calleux [2]; à l'appui de cette opinion, il donne la figure très grossie d'une portion de trachée, figure dont je reproduis ici l'analogue (fig. 3, *a*). Dans l'explication que M. Mirbel donne de cette figure, il considère la trachée comme ayant des fentes transversales bordées en dessus et en dessous par le

[1] *Traité d'anatomie et de physiologie végétale*, chap. 4, article 1er.
[2] *Eléments de physiologie végétale et de botanique*, page 52.

bourrelet ou cordon saillant que l'on voit ici de chaque côté de la lame qu'a formée la trachée en se déroulant. D'abord je dois faire observer que la forme de trachée représentée ici est assez rare; je ne l'ai observée que dans quelques trachées du sureau (*sambucus nigra*). Ici la trachée est composée de deux fils spiraux juxtaposés et formant une lame opaque par leur réunion; cette lame est roulée en spirale dont les spires sont écartées les unes des autres, et leurs intervalles sont remplis par une membrane transparente *c*. Lorsqu'on essaie de dérouler cette trachée, le déroulement s'opère par la séparation des deux fils qui forment la lame opaque, en sorte que la membrane transparente qui remplissait les intervalles des spires se trouve rester intacte et bordée de chaque côté par un fil opaque, qui est la moitié de la lame opaque qui composait la spire de la trachée avant son déroulement. J'ai représenté la continuation de cette trachée non déroulée en *b*. Cette figure fera voir, mieux que l'explication que j'en pourrais donner, l'erreur où est tombé M. Mirbel, en prenant pour une lame spirale de trachée ce qui n'est dans le fait que la membrane intermédiaire aux spires, bordée de chaque côté par un des deux fils spiraux qui forment cette lame par leur réunion. L'adhérence mutuelle de ces deux fils étant moins forte que ne l'est la résistance de la membrane intermédiaire aux spires, il en résulte que le déroulement de la trachée s'opère seulement par la séparation de ces deux fils qui, dans l'état naturel, ne sont point séparés par une fente comme l'admet

M. Mirbel. Au reste, on sait que les trachées, qui souvent n'ont qu'un seul fil spiral, en possèdent quelquefois deux, trois et quatre, ainsi que je l'ai observé moi-même; M. Link en a compté jusqu'à sept. Ces fils spiraux, qui se suivent parallèlement, forment, par leur assemblage, une lame en spirale plus ou moins large; et la réunion de ces fils, opérée par une membrane intermédiaire quelquefois apercevable, ne laisse point subsister de fentes entre eux. Ainsi les trachées n'ont point de fentes transversales en spirale, comme le pense M. Mirbel, qui trouve dans ces *fentes* et dans les *bourrelets* prétendus qui les bordent, une transition heureuse pour passer des trachées aux *fausses trachées*, dans lesquelles il a cru reconnaître des *fentes transversales bordées de bourrelets*, fentes qui, selon lui, ne diffèrent que par leur forme alongée, des *pores*, également bordés d'un *bourrelet*. Nous avons prouvé plus haut que ces prétendus *pores* n'existent point dans le tissu cellulaire; nous verrons tout à l'heure qu'ils n'existent point non plus sur les tubes que M. Mirbel appelle *poreux*. Nous venons de voir que les trachées n'ont point de fentes transversales en spirale; nous verrons dans un instant que les fausses trachées ne sont point non plus fendues transversalement.

Les trachées sont, en général, des tubes dont la longueur est considérable; la manière dont ils se terminent n'a point encore été observée. M. Mirbel prétend que ces tubes se métamorphosent vers leurs extrémités en tissu cellulaire, et qu'il en est de même

des autres tubes végétaux. Cette assertion est encore infirmée par l'observation. J'ai vu dans les pétioles des feuilles du noyer (*juglans regia*), et dans l'étui médullaire du sureau (*sambucus nigra*), que les trachées se terminent en devenant des spirales coniques dont la pointe devient très aiguë, comme on le voit dans la figure 4; j'ai vu que cette terminaison des trachées était la même en haut et en bas, c'est-à-dire à la base et au sommet de ces tubes spiraux.

Les trachées sont très souvent munies extérieurement de corpuscules nerveux plus ou moins nombreux. On peut faire cette observation avec facilité dans les tiges du *solanum tuberosum* et du *cucurbita pepo*, en dissociant leurs parties constituantes par le moyen de l'ébullition dans l'acide nitrique, qui rend opaques les corpuscules nerveux, lesquels, dans l'état naturel, ne sont point apercevables, à cause de leur transparence. On voit, dans ces deux végétaux, les trachées accompagnées souvent de deux rangées de corpuscules nerveux qui restent adhérents à leurs spires lorsqu'on les déroule, comme on le voit dans la figure 5. Ces corpuscules concrétés par l'acide nitrique, étant mis dans la solution acqueuse de potasse caustique, y deviennent fluides et transparents : ainsi il n'y a pas de doute qu'ils ne soient tout-à-fait semblables à ceux qui sont situés dans les parois du tissu cellulaire. Quelquefois les trachées sont couvertes de rangées transversales de corpuscules nerveux, comme on le voit dans la figure 6, qui représente une trachée du *clematis vitalba*. Une portion

de cette trachée se trouve dépourvue de corpuscules nerveux, et cela ne provient évidemment que de ce que ces corpuscules ont été enlevés par la manière dont s'est opérée la déchirure du tissu végétal, car ils n'adhèrent que faiblement aux trachées sur lesquelles ils sont appliqués; ils ne font point partie essentielle de leur organisation. Il n'en est pas de même des corpuscules que l'on observe à la surface des tubes que M. Mirbel a nommés *tubes poreux* (fig. 7), parceque'il prend les corpuscules nerveux qui les couvrent pour des pores environnés d'un bourrelet opaque et saillant. Le tube que je représente est emprunté au sureau (*sambucus nigra*). Ces corpuscules sont ici contenus dans les parois mêmes du tube qui les porte; ils ne peuvent jamais en être séparés. J'ai démontré plus haut que M. Mirbel était tombé dans l'erreur en prenant les corpuscules nerveux du tissu cellulaire pour des pores; les mêmes preuves me serviront ici pour démontrer la véritable nature des prétendus pores de ses *tubes poreux*. Dans un grand nombre d'observations et d'expériences que j'ai faites sur les vaisseaux corpusculifères de beaucoup de végétaux, j'ai toujours vu que les corpuscules qu'ils offraient se comportaient exactement comme ceux du tissu cellulaire, lorsqu'on les soumettait à l'action de l'acide nitrique ou de la potasse caustique. Le premier les rend opaques et paraît les concréter; la seconde les rend transparents et les dissout. Ainsi il ne peut rester aucun doute sur leur nature; ce sont des corpuscules nerveux fixés dans les parois des vais-

seaux, comme ils sont situés dans les parois des cellules. Il n'y a donc point de *vaisseaux poreux*, suivant l'acception que M. Mirbel donne à cette expression. Déjà M. Link avait émis l'opinion que les *points obscurs* que l'on remarque dans le tissu cellulaire et à la surface des vaisseaux ne sont pas des pores entourés d'un bourrelet saillant, mais que ce sont *des petits grains transparents au milieu* [1]; il pense qu'il en est de même *des lignes transversales obscures et interrompues qu'on observe dans les vaisseaux*, auxquels cet observateur donne, avec M. Mirbel, le nom de *fausses trachées*. On sait que ce dernier naturaliste considère ces lignes transversales interrompues comme des fentes bordées d'un bourrelet. Si l'on veut observer ces vaisseaux avec facilité, il faut soumettre à l'ébullition dans l'acide nitrique un morceau de bois de vigne (*vitis vinifera*), et cela pendant un espace de temps suffisant pour que l'agrégation de ses parties constituantes soit presque complètement détruite; alors on observe avec la plus grande facilité tous les organes qui entrent dans sa composition. Lorsque l'on coupe transversalement le bois de la vigne, on découvre, à l'œil nu, les ouvertures d'une grande quantité de gros tubes : ce sont des *fausses trachées* de M. Mirbel. Ces tubes, que l'ébullition dans l'acide nitrique remplit d'air, sont articulés et chacun des articles dont ils sont composés est environ trois à quatre fois plus

[1] Ouvrage cité, pages 314 et 330.

long qu'il n'est large. Les cavités de ces articles ne communiquent point entre elles; cela se voit facilement, parceque l'air qui les remplit forme autant de bulles alongées et séparées les unes des autres qu'il y a d'articles; cela prouve bien évidemment qu'il y a une cloison intérieure à chaque articulation. Je donne (fig. 8) la figure de l'un de ces articles; on voit qu'il est couvert de lignes transversales interrompues. Ces lignes, que leur opacité fait paraître noires, ressemblent assez bien à des spires de trachées qui seraient interrompues de distance en distance : je ne sais si ce sont ces lignes ou bien leurs intervalles demi-transparents que M. Mirbel considère comme des fentes transversales. Pour savoir à quoi m'en tenir sur la nature de ces lignes opaques, j'ai eu recours au moyen dont j'ai déjà fait mention; j'ai fait chauffer dans une forte solution acqueuse de potasse caustique le tissu de la vigne déjà préparé, comme il a été dit ci-dessus, par le moyen de l'acide nitrique. Ce second réactif a complètement fait disparaître les lignes opaques dont il vient d'être question; et les articles des gros vaisseaux, sur lesquels on les observait auparavant, n'ont plus présenté qu'un aspect et une demi-transparence uniformes. Nous avons vu plus haut que tel était constamment l'effet produit sur les corpuscules nerveux par la potasse caustique; elle les rend transparents, et les fait ainsi disparaître quand ils ne possèdent aucune coloration. La potasse caustique ne produit point le même effet sur les fils spiraux des trachées : malgré l'action prolongée de cet alkali, ils

conservent constamment leur opacité; ainsi, il n'y a aucune analogie entre ces fils spiraux et les lignes opaques dont il vient d'être fait mention ; ces dernières sont évidemment des corpuscules nerveux alongés et linéaires. Peut-être ces lignes sont-elles formées par des séries de corpuscules globuleux placés à la file et qui se touchent ; nous verrons bientôt un exemple qui pourra fortifier ce soupçon. Le *clematis vitalba* contient, comme la vigne, une grande quantité de ces gros tubes articulés, dont les orifices sont visibles à l'œil nu; leurs articles sont très courts, et ils sont couverts de corpuscules nerveux qui représentent des lignes transversales extrêmement courtes, comme on le voit dans la figure 9. C'est en vain que je cherche ici ce qui a pu induire M. Mirbel en erreur, en lui faisant voir, dans les tubes qu'il appelle des *fausses trachées*, des fentes transversales *bordées d'un bourrelet*. On pourrait croire que ce naturaliste a vu cela sur d'autres végétaux que ceux que j'ai observés. A cela je répondrai que M. Mirbel a donné spécialement la figure du gros vaisseau de la vigne [1] dont je viens d'exposer la structure, et qu'il y dessine les fentes ouvertes à jour qui constituent ses fausses trachées. Il est donc certain que M. Mirbel s'est laissé induire en erreur par quelque illusion d'optique; et, dans le fait, il n'est pas étonnant qu'ayant pris des corpuscules nerveux semblables à des points

[1] *Elémens de physiologie végétale et de botanique*, planche 12, figure 10.

pour des *pores*, il ait pris des corpuscules nerveux linéaires pour des fentes. Ainsi il n'y a point de *fausses trachées*, dans le sens que M. Mirbel attache à cette expression; il y a des trachées qui ne se déroulent point, parceque leurs spires sont fortement soudées; il y a des tubes couverts de corpuscules nerveux linéaires dont la direction est transversale : voilà les deux sortes de vaisseaux que M. Mirbel a pris pour des *fausses trachées*. Ces organes n'existent pas plus que les *tubes poreux*, pas plus que le tissu *cellulaire poreux*, dans le sens que M. Mirbel attache à ces dénominations. J'en dirai autant des tubes que ce naturaliste appelle *mixtes*, et qui, véritables trachées dans une portion de leur longueur, seraient, dans les portions suivantes, successivement *fausses trachées* et *tubes poreux*, en sorte que le même tube offrirait une organisation différente dans les diverses portions de son étendue. La source de cette erreur est facile à découvrir. Les trachées sont quelquefois couvertes de corpuscules nerveux qui masquent leurs spires en partie, comme nous venons de le voir (figure 6); M. Mirbel, considérant ces corpuscules comme des pores, et voyant les lignes transversales de la trachée interrompues par les corpuscules nerveux qui les masquent, a été conduit par là à penser que la trachée qu'il observait avait quitté sa structure en spirale, pour devenir un tube muni de pores et de petites fentes transversales. Pour moi, j'ai toujours vu les trachées conserver l'organisation qui les caractérise dans toute leur étendue; cependant le

moyen d'analyse que j'emploie m'a souvent permis de suivre ces tubes dans une portion considérable de leur longueur. Mes observations à cet égard ont été tellement multipliées et tellement précises, que je ne crains point d'affirmer que jamais un même tube végétal ne présente successivement l'organisation en spirale des trachées et la structure particulière aux tubes corpusculifères que M. Mirbel désigne sous les noms de *tubes poreux* et de *fausses trachées*. Ainsi, il n'existe point de *tubes mixtes*, à moins qu'on ne veuille appliquer ce nom aux tubes dont la surface présente simultanément des lignes transversales obscures et des points obscurs, c'est-à-dire des corpuscules nerveux linéaires dirigés transversalement, et des corpuscules nerveux globuleux. On trouve cette réunion, par exemple, sur les gros tubes dont on voit les orifices à l'œil nu dans le bois du chêne (*quercus robur*). La figure 10 représente l'un de ces tubes, que l'on pourrait appeler *mixtes*, si la forme des corpuscules nerveux qui les couvrent leur donnait un caractère particulier d'organisation, ce que je ne pense pas. En effet, quand on considère la forme et la position des gros tubes corpusculifères, on ne peut se dispenser de reconnaître que tous ces tubes sont identiques, bien qu'ils diffèrent souvent par la forme et par la position des corpuscules nerveux qui sont situés dans l'épaisseur de leurs parois. S'il fallait reconnaître autant de sortes de tubes qu'il y a de formes particulières dans les corpuscules nerveux qui les couvrent, on multiplierait d'une manière indéfinie les distinc-

tions et les dénominations ; car il est probable qu'il y a beaucoup de diversité à cet égard. La sensitive, à elle seule, nous offre deux variétés toutes nouvelles dans la configuration des corpuscules nerveux de ces gros tubes ; en effet, dans l'étui médullaire de cette plante, à côté des trachées, on trouve des tubes dont le diamètre est environ le double de celui de ces dernières, et dont les parois offrent des corpuscules nerveux disposés en losanges irrégulières, comme on le voit dans la figure 11. Lorsqu'on observe ces tubes encore adhérents aux organes qui les environnent, on les prendrait volontiers pour un faisceau de trachées à moitié déroulées ; tel est, en effet, l'aspect que présentent, au premier coup d'œil, les lignes en *losanges* qui parcourent ces tubes dans le sens longitudinal. J'avoue que j'ai moi-même douté si cette apparence n'était point produite par des trachées fort petites, collées sur le tube dont il est ici question ; mais ayant plusieurs fois obtenu ce tube parfaitement isolé, j'ai pu l'examiner dans tous les sens, et me convaincre que les lignes en *losanges* que présente sa surface sont bien réellement des corpuscules nerveux contenus dans l'épaisseur de ses parois. Dans les pétioles des feuilles de la sensitive, on trouve des tubes dont les corpuscules nerveux offrent une autre configuration ; ils présentent des lignes longitudinales disposées symétriquement, comme on le voit dans la figure 12.

Quelles sont les fonctions de ces tubes corpusculifères? quelles sont les fonctions des trachées qui leur sont associées dans l'étui médullaire? Voilà des ques-

tions auxquelles il est impossible de répondre d'une manière satisfaisante dans l'état actuel de nos connaissances. Nous ne pouvons offrir ici sur cet objet que des conjectures plus ou moins probables. Je pense que les gros tubes corpusculifères sont les canaux par lesquels la sève opère son ascension dans le végétal. Ces tubes n'occupent pas seulement l'étui médullaire, ils existent dans tout le système central du végétal, et se remarquent spécialement chez les végétaux ligneux dans les intervalles des couches annuelles du bois; ils sont très nombreux dans le bois de la vigne, et il m'a paru que c'était par leurs orifices que sortait la sève qui coule si abondamment au printemps des rameaux tronqués de ce végétal. Une force considérable préside à ce mouvement d'ascension de la sève, ainsi que l'a expérimenté Hales; cette force n'est pas le seul résultat de la capillarité, puisque l'ascension de la sève n'a plus lieu dans les branches mortes qui tiennent encore au végétal vivant, branches dont la capillarité est cependant toujours la même.

Les fonctions des trachées ont été l'objet de bien des discussions. Les premiers naturalistes qui les découvrirent, séduits par leur analogie avec les trachées des insectes, n'hésitèrent pas à les considérer comme des organes respiratoires; d'autres observateurs affirmèrent que ces tubes ne contiennent jamais d'air, mais bien de la sève; mes observations m'ont prouvé la vérité de cette dernière opinion. Les trachées conduisent bien certainement un liquide diaphane, et

jamais on ne trouve une seule bulle d'air dans leur intérieur. Le moyen d'analyse que j'emploie, l'ébullition dans l'acide nitrique, remplit les trachées, comme tous les autres tubes, d'un fluide aériforme; elles offrent alors un aspect tout particulier et très différent de celui qu'elles présentent dans l'état naturel. Ainsi il est bien certain que, dans ce dernier état, elles ne contiennent jamais d'air. Quelles sont donc leurs fonctions? Admettra-t-on, avec M. Mirbel, qu'elles servent, comme les tubes corpusculifères, à conduire la sève dans son ascension? mais il répugne à croire que la nature ait attribué des fonctions semblables à des tubes aussi différents dans leur organisation, surtout lorsqu'on voit ces tubes placés les uns à côté des autres dans l'étui médullaire; car on concevrait peut-être qu'une position très différente d'un même organe entraînât une modification dans son organisation. Ce qu'il y a de certain, c'est que les fonctions des trachées ont un rapport nécessaire et immédiat avec les fonctions des feuilles; on ne les trouve que dans les feuilles et dans l'étui médullaire, parties qui, dans les jeunes tiges, ont une correspondance intime et immédiate. Les fonctions des feuilles ne sont pas encore bien connues; il est certain cependant que la lumière exerce spécialement sur les feuilles une action *vivifiante*, soit par elle-même, soit en déterminant certaines combinaisons chimiques dans les fluides que contiennent leurs vaisseaux. Ceci est un objet important de physiologie végétale qui n'est point encore suffisamment éclairé, malgré les re-

cherches d'Ingenhouz et de Sennebier, malgré les travaux encore plus étendus de M. Théodore de Saussure. Quoi qu'il en soit, il me paraît probable que les trachées sont destinées à transmettre dans le corps du végétal un liquide modifié dans les feuilles par les agents du dehors, et propre à propager l'action *vivifiante* dont nous avons parlé plus haut; ainsi elles seraient comparables, jusqu'à un certain point, aux trachées des insectes qui transportent dans toutes les parties de l'animal l'air atmosphérique qui doit y produire une influence *vivifiante*. Considérées sous ce point de vue, les trachées des végétaux seraient des organes respiratoires qui conduiraient un liquide *vivifiant*.

Après avoir étudié les organes qui composent l'étui médullaire, nous arrivons naturellement à l'examen de la couche ligneuse qui le recouvre. En effet, la sensitive, plante frutiqueuse, possède des *fibres ligneuses* tout-à-fait semblables à celles qui composent le bois des arbres. Ce mot *fibre ligneuse*, employé par quelques naturalistes, doit être banni de la science comme n'offrant aucune idée exacte; il indique seulement que les parties dont le bois est composé sont susceptibles de se diviser en filets très fins; cette division, comme on le sait, s'opère dans le sens de la longueur de la tige. Rien n'est plus difficile, dans l'état naturel, que l'observation microscopique du tissu qui compose le bois proprement dit, ou la partie ligneuse du système central; cette difficulté disparaît entièrement par le moyen que j'emploie.

En faisant chauffer un petit fragment d'un bois quelconque dans l'acide nitrique, ses parties constituantes ne tardent pas à perdre leur agrégation, elles se séparent au moindre effort, et alors leur observation au microscope ne présente plus aucune difficulté. On voit de cette manière que le bois est en majeure partie composé de tubes renflés dans leur milieu, et qui se terminent en pointe aiguë par leurs deux extrémités, comme on le voit dans la figure 13. Je désignerai ces tubes fusiformes par le nom de clostres[1]; ils sont appliqués les uns à côté des autres. Les clostres voisins se touchent par leur partie renflée, et laissent entre leurs pointes des intervalles qui sont remplis par les pointes des clostres qui les suivent en-dessus et en-dessous. Chez la sensitive, plusieurs de ces clostres sont divisés dans leur milieu par une cloison transversale (fig. 13 *a*), d'autres offrent deux ou trois cloisons, *bb*. La membrane qui forme ces tubes est très solide; elle est d'un aspect nacré. J'ai vu qu'ils étaient creux jusque dans leurs pointes, par les bulles d'air que l'action de l'acide nitrique produit souvent dans leur intérieur. Leurs parois ne contiennent aucun corpuscule nerveux. Ces organes fusiformes appartiennent spécialement aux végétaux ligneux; cependant on les rencontre aussi dans les parties des végétaux herbacés, qui présentent une certaine solidité; les végétaux dont le tissu est mou et délicat en sont tout-à-fait

[1] Mot dérivé de κλωστηρ, fuseau.

dépourvus. Ainsi il paraît que les clostres sont les organes auxquels les végétaux doivent spécialement la solidité de leur tissu. Cependant je noterai, comme un fait remarquable, que la tige du *clematis vitalba*, quoique ligneuse, ne contient point de clostres; elle est, en majeure partie, composée de petits tubes articulés qu'on peut considérer comme du tissu cellulaire alongé et articulé. Les clostres ne présentent pas toujours exactement la forme de fuseau que nous venons de leur reconnaître. Quelquefois ils représentent des tubes parallèles qui se terminent brusquement en pointe aiguë; c'est sous cette forme que se présentent, par exemple, les clostres du *pinus picea* (fig. 14). La forme des clostres a été figurée d'une manière assez exacte par M. Link; il désigne l'assemblage de ces organes, sous le nom de *tissu d'aubier*. M. Mirbel a également aperçu, quoique d'une manière peu distincte, cette organisation; il regarde le bois comme formé de *tissu cellulaire alongé*. Nul doute en effet que les clostres ne soient engendrés par un développement particulier des cellules, mais on conviendra que leur forme les éloigne trop du tissu cellulaire pour leur en conserver le nom. Les clostres sont les réservoirs d'un suc qui est susceptible de se concréter, et qui, presque toujours, acquiert en vieillissant une couleur plus ou moins foncée et une plus grande dureté. C'est ainsi que s'opère le changement de l'*aubier* en *bois de cœur*. En effet, ce n'est point par eux-mêmes que les clostres sont durs et colorés, c'est par la substance

concrétée qu'ils contiennent. Si l'on fait chauffer du bois d'ébène dans l'acide nitrique, cet acide dissout la substance noire que contiennent les clostres, qui peu à peu acquièrent ainsi de la transparence, tandis que l'acide nitrique se colore fortement en noir. Ce fait prouve bien évidemment que la couleur du *bois de cœur* est due au suc coloré et endurci, que contiennent les clostres. Ceux-ci sont, par leur nature, d'un blanc nacré; c'est dans leur intérieur qu'est contenue la substance colorante des bois employés dans la teinture. On pourrait penser que la dureté plus ou moins grande du bois proviendrait de la ténuité plus ou moins considérable des clostres; mais il n'en est rien. En effet, j'ai vu que les clostres qui forment le bois ont des dimensions semblables dans le buis (*buxus sempervirens*) et dans le peuplier (*populus fastigiata*), c'est-à-dire dans les deux bois indigènes dont la dureté et la pesanteur spécifique offrent les plus grandes différences. Ce fait achève de prouver que la dureté et la pesanteur spécifique du bois dépendent exclusivement de la substance endurcie que contiennent les clostres; il paraît que ces organes sont vides dans le peuplier; aussi ce bois est-il tendre, extrêmement léger, et d'une couleur blanche, qui est la couleur naturelle des clostres. C'est par la même raison qu'il n'offre point la distinction de l'aubier et du *bois de cœur*; les clostres, partout également vides, sont partout également blancs, puisqu'ils ne doivent leur coloration qu'à la substance qu'ils contiennent chez les bois colorés.

Au reste, la coloration et la dureté qu'acquiert cette substance en vieillissant, et d'où résulte la transformation de l'aubier en *bois de cœur*, est un phénomène chimique dont l'essence n'est point connue.

Les clostres, dans l'aubier de formation récente, me paraissent être les réservoirs de la sève élaborée qui sert spécialement à fournir les matériaux de l'accroissement en diamètre du végétal, et qui, transmise de clostre en clostre par un mouvement descendant, va fournir aux racines les matériaux de leur accroissement. Je pense que cette sève élaborée, transmise à travers le tissu perméable du végétal, se mêle à la sève ascendante pour fournir aux bourgeons les matériaux de leur accroissement, et qu'elle va fournir aux vaisseaux propres les matériaux de la sécrétion qu'ils opèrent. On sait que c'est au moyen d'une diffusion semblable d'un suc élaboré que s'opèrent et la nutrition et les sécrétions chez les insectes. Lorsque cette sève élaborée est tout entière employée à l'accroissement du végétal, l'accroissement de ce dernier est rapide, et ses clostres restent vides; alors le bois est blanc, tendre et léger: lorsque, au contraire, la plus grande partie de cette sève élaborée demeure dans les clostres, et n'est point employée à l'accroissement, ce dernier est plus ou moins lent, et le bois demeure lourd, dur et coloré.

Les clostres, quoique contenant un liquide différent de la sève ascendante, ne doivent cependant point être confondus avec les vaisseaux propres, lesquels sont des organes sécréteurs. Ces derniers sont des

tubes dont le diamètre est toujours plus grand que celui des clostres; ils sont, comme eux, toujours privés de corpuscules nerveux, mais les substances qu'ils contiennent sont bien différentes, et paraissent être purement excrémentitielles. Telle est, par exemple, la résine pure que contiennent les vaisseaux propres des arbres résineux. Cette substance n'est bien certainement pas destinée à l'accroissement et à la nutrition du végétal; mais ne serait-elle point le résidu de la substance alimentaire, qui aurait été absorbée, et avec laquelle elle était mêlée dans le principe? Les sucs laiteux, que l'on comprend généralement dans la classe des sucs propres, me paraissent devoir être considérés comme des liquides, au moins en partie excrémentitiels. Cette partie de la physiologie végétale demande, comme on le voit, de nouvelles recherches, et je ne m'y arrêterai pas davantage; je me contenterai de faire observer ici incidemment que les sucs résineux, qui sont abondants dans l'écorce de la plupart des conifères, ne sont point contenus dans des lacunes ou dans des cavités produites par le déchirement du tissu cellulaire, comme le pense M. Mirbel. Ces sucs résineux sont contenus dans des vaisseaux irrégulièrement renflés et tortueux. On les isole complètement par le moyen de l'acide nitrique. Ce fait et quelques autres me font penser que la théorie de M. Mirbel sur les *lacunes* a besoin de recevoir des modifications.

Les faisceaux des clostres sont mêlés, chez la sensitive, avec un tissu cellulaire qui se divise mécani-

quement en filets longitudinaux, composés de séries de cellules, comme cela se voit dans la figure 15, *ab*, *cd*. Ici je crois devoir rappeler que, dans mes *Recherches sur l'accroissement* et *la reproduction des végétaux*[1], j'ai désigné sous le nom de *fibres* ces assemblages de cellules qui se prêtent avec facilité à la division longitudinale en filets, parceque les cellules qui les composent adhèrent plus les unes aux autres dans le sens de la longueur de la tige que dans le sens transversal, ce qui n'a point lieu pour le tissu cellulaire irrégulier. Mais, reconnaissant que ce mot *fibre* a été appliqué à plusieurs sortes d'organes linéaires très différents entre eux, et que par conséquent il est difficile d'y attacher une idée exacte, j'ai résolu de désigner ces assemblages rectilignes de cellules articulées les unes avec les autres par le simple nom de *tissu cellulaire articulé*. Pour peu qu'on multiplie un peu ses observations sur la structure intérieure des végétaux, on ne tarde pas à trouver des cellules articulées qui, par leur alongement dans le sens longitudinal, tendent à devenir des tubes. C'est ce que Link[2] a désigné sous le nom de *tissu cellulaire alongé*. On trouve, enfin, de véritables tubes articulés les uns avec les autres dans le sens longitudinal. Ces observations prouvent que, du tissu cellulaire articulé aux tubes articulés, il y a une transition évidente, et que ces organes ne diffèrent que par

[1] *Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, tome 7.

[2] *Annales du Muséum d'histoire naturelle*, tome 19.

les proportions respectives de leurs parties. Après cette petite digression, je reviens au tissu cellulaire articulé, qui m'y a conduit. Ce tissu cellulaire est assez généralement semblable à celui de la moelle; il est, comme ce dernier, tout couvert de corpuscules nerveux placés d'une manière fort irrégulière. Quelquefois cependant j'ai observé des portions de ce tissu cellulaire articulé qui offraient dans le milieu de chacune des cellules un seul corps linéaire placé longitudinalement, comme on le voit en *b* (figure 15); c'est un corpuscule nerveux qui, vu avec une forte lentille, paraît formé par une série de quatre ou cinq corpuscules globuleux placés à la file, comme on le voit en *a*. Ce fait justifie le soupçon que j'ai émis précédemment touchant la nature des corpuscules nerveux linéaires, que j'ai considérés comme probablement formés de très petits corpuscules placés à la file. Le tissu cellulaire articulé dont il est ici question est l'organe générateur des rayons médullaires dans les végétaux ligneux et frutiqueux. Les végétaux totalement herbacés ne possèdent point ces rayons, qui existent dans la tige frutiqueuse de la sensitive. Dans les jeunes tiges de cette plante, ce tissu cellulaire mêlé aux clostres est articulé dans le sens longitudinal (*c d*, fig. 15); ce n'est que dans ce sens qu'il se divise mécaniquement en filets. Dans les grosses branches ou dans le tronc, le sens de cette articulation est changé, et ce même tissu se trouve articulé dans le sens *d o*, c'est-à-dire dans le sens transversal, pour former les rayons médullaires. Ainsi, dans

les tiges naissantes ou dans les jeunes branches des végétaux ligneux dicotylés, le tissu cellulaire articulé et corpusculifère qui est mêlé aux faisceaux des clostres, et qui est évidemment une émanation latérale de la moelle, est articulé dans le sens longitudinal, comme cela a lieu dans les petites plantes herbacées dicotylées. Lorsque ces tiges ou ces branches prennent de l'accroissement en diamètre, ce tissu cellulaire cesse de présenter une articulation longitudinale; il en prend une transversale, et c'est ainsi que se forment les rayons médullaires qui sont exclusivement formés de tissu cellulaire articulé.

Le système cortical de la sensitive est composé de clostres beaucoup plus alongés que ceux qui existent dans le système central, leur diamètre est également plus grand. Au reste, en parlant de la *longueur* de ces organes, je n'entends faire mention que de leur apparence au microscope ; car, dans le fait, ils sont toujours d'une extrême petitesse. J'ai mesuré les clostres de la sensitive, et j'ai trouvé que les plus alongés, dans le système cortical, ont à peine un millimètre et demi de longueur sur $\frac{1}{55}$ de millimètre de largeur ; les clostres du système central n'ont guère que la moitié de ces deux dimensions [1]. Les clostres du système cortical sont, comme ces

[1] Je me sers du microscope solaire pour mesurer les objets d'une extrême petitesse. Je compare l'image ou l'ombre produite à une distance déterminée par l'objet que je veux mesurer, avec l'ombre que produit, à la même distance, un petit morceau de fil métallique dont le diamètre exact m'est connu.

derniers, privés de corpuscules nerveux; leurs faisceaux sont plongés dans un tissu cellulaire corpusculifère tout-à-fait semblable à celui de la moelle. On y trouve de même, et en assez grande quantité, des cellules remplies de ce fluide concrescible par l'acide nitrique froid, et soluble dans le même acide chaud; cellules dont j'ai fait mention plus haut en étudiant la moelle. Cette identité parfaite de structure et de composition chimique entre la moelle et le parenchyme cortical est une preuve à ajouter à celles que j'ai exposées dans un précédent ouvrage [1], pour démontrer que ces deux tissus organiques ne diffèrent en aucune façon et ont des fonctions semblables; c'est donc avec raison que, dans cet ouvrage, j'ai donné à la moelle le nom de *médulle centrale*, et au parenchyme de l'écorce le nom de *médulle corticale*.

Les feuilles de la sensitive sont portées sur un long pétiole, à la base duquel existe une portion renflée *a b*, *c d* (fig. 18) que je désignerai par le nom *bourrelet*. Des renflements semblables, mais plus petits, existent à l'insertion des pinnules sur le sommet du pétiole, et à l'insertion des folioles sur les pinnules; c'est en eux que réside le principe des mouvements qu'exécutent les feuilles de la sensitive, comme nous le verrons plus bas. Le bourrelet qui est situé à la base du pétiole est le seul qui présente une grosseur suffisante pour qu'il soit possible d'en observer la structure intérieure: en le fendant longitudinalement, et en l'examinant à la loupe, on voit que ce

[1] *Recherches sur l'accroissement et la reproduction des végétaux.*

bourrelet est principalement formé par un développement considérable du parenchyme cortical; le centre est occupé par les tubes qui établissent la communication vasculaire de la feuille avec la tige: si l'on veut voir avec facilité l'organisation intérieure du parenchyme cortical qui constitue essentiellement ce renflement, il faut, avec un rasoir, enlever d'abord l'épiderme sur l'un de ses côtés; ensuite on enlève une tranche de parenchyme, aussi mince qu'il est possible de l'obtenir, et on la soumet au microscope, plongée dans un peu d'eau. On voit de cette manière que le parenchyme du bourrelet est composé d'une grande quantité de cellules globuleuses et diaphanes dont les parois sont couvertes de corpuscules nerveux. Si on supprime l'eau dans laquelle est plongée la petite tranche, et qu'on mette en place un peu d'acide nitrique, on voit, en peu d'instants, les cellules diaphanes devenir d'abord jaunâtres, et ensuite complètement opaques. On reconnaît alors que ce sont des cellules tout-à-fait semblables à celles que nous avons déjà observées dans la moelle et dans le parenchyme cortical, excepté que celles-ci sont de forme globuleuse. Ces cellules, qui ne sont point en contact immédiat, sont alignées dans le sens longitudinal, comme on le voit dans la figure 16. J'ai représenté, dans cette figure, quelques unes de ces cellules alignées, et les autres dans un ordre confus, parceque c'est ordinairement ainsi qu'elles se présentent à l'observation, l'instrument tranchant avec lequel on enlève la lame mince du bourrelet, ne rencontrant que

par hasard la direction alignée des cellules. La figure 17 représente ces cellules globuleuses plus grossies; on voit qu'il existe entre elles des intervalles qui sont occupés par un tissu cellulaire très délicat, et rempli d'une immense quantité de corpuscules nerveux semblables à des points opaques. Si l'on fait chauffer l'acide nitrique où se trouve la petite tranche de bourrelet mentionné plus haut, en présentant avec précaution le cristal de montre qui le contient au-dessus d'une lampe à esprit de vin, on ne tarde pas à voir disparaître complètement toutes les cellules globuleuses. La substance qu'elles contiennent est entièrement dissoute par l'acide; il ne reste plus alors que les cellules et le tissu extrêmement délicat qui les environne. J'ai vu qu'il suffisait d'une chaleur de 40 à 50 degrés R. pour que l'acide nitrique opérât la dissolution de la substance contenue dans ces cellules globuleuses. J'ai essayé sur ces organes l'action de la solution aqueuse de potasse caustique. Je n'ai observé à froid aucun changement dans leur transparence, mais à chaud j'ai vu que tout le parenchyme prenait une teinte verte uniforme; on n'apercevait plus les cellules globuleuses, ce qui me fit penser que la substance qu'elles contenaient avait été dissoute. Cependant, ayant soumis à la même épreuve une lame de parenchyme du bourrelet dont les cellules globuleuses avaient été rendues opaques par l'acide nitrique froid, je vis ces cellules globuleuses devenir encore plus opaques, et acquérir une couleur noire: ceci prouve que la potasse caustique carbonise ces cellules, lorsque son

action succède à celle de l'acide nitrique, car elle ne produit point du tout cet effet lorsqu'elle agit sur ces cellules dans leur état naturel. Ce serait à tort que l'on croirait pouvoir conclure de cette expérience que la potasse caustique ne dissout point la substance que contiennent les cellules globuleuses; en effet, la solubilité de cette substance dans la solution alkaline est bien prouvée par les expériences suivantes. Si l'on fait bouillir dans l'eau un bourrelet de sensitive, les cellules globuleuses qu'il contient deviennent toutes opaques, ce qui provient de la concrétion de la substance contenue dans ces cellules; alors si l'on verse sur cette substance concrétée un peu de solution aqueuse de potasse caustique, cette substance concrétée se dissout et disparaît avec une extrême rapidité. Je me suis un peu étendu sur les propriétés de la substance contenue dans les cellules globuleuses du bourrelet, parceque ce dernier organe est la partie la plus intéressante à étudier dans la sensitive, comme étant, chez cette plante, l'organe immédiat du mouvement.

Les bourrelets situés à l'insertion des pinnules sur le sommet du pétiole ont la même organisation que le bourrelet situé à la base de ce dernier, seulement leurs cellules globuleuses sont plus petites.

Le pétiole de la feuille de sensitive offre à sa partie extérieure une grande quantité de clostres fort alongés; ils forment, pour ainsi dire, l'écorce du pétiole; dans son intérieur, on trouve du tissu cellulaire articulé et corpusculifère, et de gros tubes corpuscu-

lifères, dont nous avons déjà fait mention plus haut (fig. 12). Au centre du pétiole, existent des trachées à spires qui ne se déroulent point dans l'état naturel, mais que l'on parvient à dérouler au moyen d'une longue ébullition dans l'acide nitrique.

Les folioles de la sensitive contiennent une immense quantité de corpuscules nerveux; pour les voir, il faut plonger une feuille de cette plante dans l'acide nitrique, à la température de l'eau bouillante, pendant une minute seulement, et la transporter de suite dans l'eau pure. Par cette opération, les folioles deviennent fort transparentes, et laissent apercevoir, au microscope, leurs innombrables corpuscules nerveux, qui sont devenus opaques. Ils sont d'une extrême petitesse; leurs groupes sont spécialement placés autour des nervures, ou plutôt des vaisseaux qui parcourent la foliole. Les rameaux les plus fins de ces vaisseaux, chargés de ces corpuscules globuleux, ressemblent tout-à-fait à un végétal chargé de fruits.

La racine de la sensitive offre, dans son système central, des clostres mêlés avec de gros tubes tout-à-fait semblables par leur forme, leur grosseur et leur position aux tubes corpusculifères de la tige; mais on n'aperçoit point de corpuscules nerveux dans leurs parois; cela tient probablement à la petitesse et à la grande transparence de ces corpuscules.

Le tissu cellulaire articulé est disposé en rayons médullaires concentriques dans les grosses racines, et en filets longitudinaux dans les radicelles. Les cor-

puscules nerveux qu'il contient sont fort transparents, et l'acide nitrique ne les rend point opaques, ce qui fait qu'ils sont bien moins visibles que ceux du système central de la tige. On sait qu'il n'y a, dans les racines, ni moelle, ni étui médullaire, ni trachées. Ce fait est général. Cependant MM. Link et Tréviranus prétendent avoir trouvé des trachées dans les racines : n'en ayant jamais trouvé dans des recherches assez nombreuses que j'ai faites, je suis porté à penser que ces deux naturalistes ont observé des tiges souterraines, en croyant observer des racines véritables. Il est en effet facile de les confondre; j'ai indiqué les moyens de les distinguer dans mes *Recherches sur l'accroissement et la reproduction des végétaux* [1]. Ces tiges souterraines possèdent en effet des trachées, de même que les tiges aériennes, ainsi que je l'ai observé.

Le système cortical de la racine de sensitive ne diffère point essentiellement du système cortical de la tige, sous le point de vue de sa composition anatomique; seulement je n'ai point vu que les cellules de son parenchyme continssent un fluide concrescible par les acides.

Lorsqu'on coupe une jeune tige de sensitive, ou le bourrelet du pétiole de l'une de ses feuilles, on en voit sortir sur-le-champ une goutte d'un liquide diaphane qui, vu au microscope, paraît composé d'une immense quantité de globules transparents. J'ai re-

[1] *Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, tome 8, page 29.

cueilli une certaine quantité de ce fluide sur une lame de verre; et ayant mis dedans une goutte d'acide nitrique très affaibli, il s'y est formé sur-le-champ un coagulum membraneux qui, vu au microscope, s'est trouvé entièrement composé de globules opaques agglomérés: ces globules sont ceux que l'on apercevait à peine auparavant, à cause de leur transparence. Ayant mis une goutte de solution aqueuse de potasse caustique sur ce coagulum membraneux, les globules dont il était composé ont été entièrement dissous. La propriété que possède ce fluide d'être concrété et rendu opaque par l'acide nitrique, met à même de déterminer quels sont les vaisseaux dans lesquels il est contenu. Une lame mince et transparente, coupée longitudinalement dans le milieu d'une jeune tige, étant plongée dans l'acide nitrique froid, et examinée ensuite au microscope, on voit que les seuls organes qui soient rendus opaques par cette opération sont quelques unes des cellules des deux médulles centrale et corticale, cellules que nous avons vues contenir un fluide concrescible; tous les autres organes conservent leur transparence. Ainsi il n'y a point de doute que le fluide concrescible dont il est ici question ne soit celui qui sort de celles de ces cellules qui ont été ouvertes par la section, ou par la lacération du tissu végétal.

Les divers organes creux que nous avons observés dans le tissu végétal, c'est-à-dire les cellules, les trachées, les tubes membraneux et les clostres, n'ont entre eux que des rapports de contiguité; il n'existe

jamais de communication directe entre leurs cavités. Ainsi les fluides qu'ils contiennent ne peuvent être transmis des uns aux autres que par les pores de leurs parois. L'existence des pores n'est donc point douteuse, mais on s'en ferait une idée bien fausse, si on les considérait comme des trous faits exprès pour livrer passage aux fluides; ce ne sont, dans le fait, que des espaces intermoléculaires. Les solides organiques sont généralement composés de molécules intégrantes globuleuses, ainsi que nous le verrons plus bas, en étudiant la structure organique des animaux. Or, on conçoit que ces molécules globuleuses doivent laisser entre elles des espaces vides qui n'existent point entre les molécules polyèdres des minéraux; molécules dont les facettes s'appliquent exactement les unes sur les autres. De là vient la grande perméabilité pour les fluides aqueux que présentent en général tous les tissus organiques, quoiqu'on n'aperçoive aucun trou, ou aucun pore proprement dit dans leurs membranes, même dans celles que nous savons être les plus perméables. L'épiderme humain, par exemple, dont la perméabilité est si grande, ne laisse cependant apercevoir aucun pore avec les plus forts microscopes. Ainsi la doctrine émise par M. Mirbel, touchant l'existence des pores visibles dans les parois des tubes et du tissu cellulaire des végétaux, serait douteuse, par le seul fait de la grandeur et de la forme de ces pores prétendus, quand bien même cette doctrine ne serait pas infirmée directement par l'observation.

Les fluides, pour passer d'un organe creux dans un autre, ont besoin de traverser les deux parois contiguës de ces organes; car l'observation démontre que tous ces organes ont chacun une membrane propre, et qu'ainsi ils n'ont jamais de paroi commune là où ils sont contigus. En effet, nous avons vu que, par le moyen de l'ébullition dans l'acide nitrique, on isole les unes des autres toutes les cellules de la moelle, lesquelles, ainsi isolées, se trouvent former chacune une vésicule complète; il en est de même du tissu cellulaire articulé, chacun des articles dont il se compose se détache en formant une vésicule sans aucune ouverture. Ainsi les cellules sont des vésicules simplement agglomérées, et sans aucune continuité entre elles; leur forme originelle est la forme globuleuse : c'est par l'égalité de la compression qu'elles éprouvent dans tous les sens, qu'elles prennent souvent une forme polyèdre symétrique. Les cellules isolées et extrêmement petites conservent cette forme globuleuse que nous avons observée dans les corpuscules nerveux. J'ai encore observé cette forme globuleuse des cellules dans la substance dure qui forme le noyau ou l'*endocarpe* de l'abricot; cette substance étant soumise à l'ébullition dans l'acide nitrique, perd complètement sa dureté, ses éléments organiques se dissocient avec facilité, et on voit qu'elle est entièrement composée de petites cellules vésiculaires et globuleuses, qui sont agglomérées, comme on le voit dans la figure 19. Ces cellules contenaient une substance concrète et fort dure

dont l'acide nitrique a opéré la dissolution. C'est ici spécialement que l'on voit avec évidence que les cellules sont tout-à-fait indépendantes les unes des autres, et que leur forme originelle est la forme globuleuse. Les clostres, qui ne sont que des cellules tubuleuses soumises à un mode particulier de développement, n'ont de même jamais de parois communes dans les endroits où ils sont contigus; il en est de même de tous les tubes végétaux : on les obtient toujours, par le moyen que j'ai indiqué, parfaitement *nus* et complètement isolés de tous les organes qui les environnaient, et auxquels ils étaient simplement contigus. Les tubes qui sont réunis en faisceaux n'ont point non plus de paroi commune là où ils se touchent; car j'ai toujours vu ces tubes se séparer les uns des autres, en formant chacun un tube complet. Ce n'est point sans regret que je me trouve encore ici dans la nécessité de combattre les assertions d'un naturaliste célèbre que je semble avoir entrepris de contredire en tout, tant il y a de disparité entre ses observations et les miennes. Selon M. Mirbel, les cellules auraient une paroi commune là où elles se touchent; il en serait de même des tubes rassemblés en faisceaux : les tubes isolés seraient latéralement continus avec le tissu cellulaire qui les environne. Sur ces assertions, que l'observation infirme, M. Mirbel fonde une théorie de l'organisation végétale dont on voit de suite le peu de solidité. Selon ce naturaliste, toutes les cellules et tous les tubes seraient le résultat des diverses ma-

nières d'être d'un seul et même tissu membraneux continu dans toute l'étendue du végétal, et dont l'épiderme ferait la limite. Considéré de cette manière, et pour me servir d'une comparaison grossière, mais assez juste, le tissu végétal, rempli de cavités de différentes formes, ressemblerait, en quelque sorte, à un pain dont la substance, continue dans toutes ses parties, offre une immense quantité de cavités cellulaires; mais l'observation, comme je viens de le dire, n'est point d'accord avec cette théorie : elle prouve que chaque tube et chaque cellule est un organe circonscrit qui possède des parois qui lui sont exclusivement propres, et qui se détache d'une manière nette des autres organes qui l'environnent, ce qui peut faire penser que ces organes contigus étaient simplement agglutinés. On peut supposer, il est vrai, que l'acide nitrique ne séparerait ces organes les uns des autres qu'en détruisant un tissu intermédiaire qui établissait leur continuité, mais ceci est une pure hypothèse. Nous verrons à la fin de cet ouvrage des observations sur la composition organique des animaux qui viendront à l'appui de la théorie nouvelle que l'on pourrait déduire de mes observations, et qui tendraient à faire considérer le tissu organique comme formé par la réunion d'une immense quantité de vésicules celluleuses ou tubuleuses dont les parois sont en contact, et qui tiennent les unes aux autres par une simple force d'adhésion ou d'agglutination.

SECTION II.

OBSERVATIONS SUR LES MOUVEMENTS DE LA SENSITIVE (*mimosa pudica*).

Depuis long-temps les mouvements de la sensitive attirent les regards des curieux, et sont devenus l'objet de l'étude des savants. On a fait sur cette plante beaucoup d'observations et d'expériences, sans parvenir à connaître la cause des mouvements singuliers qu'on lui voit exécuter. On connaît les travaux de Duhamel et Dufay sur cet objet [1]. Les expériences de ces deux savants sont nombreuses et intéressantes; cependant elles laissent beaucoup à désirer. On ignore encore quel est, chez la sensitive, le tissu organique auquel appartient la faculté que l'on nomme l'*irritabilité végétale;* faculté que les physiologistes n'ont point encore distinguée de la *sensibilité* chez les végétaux : pour parler le langage que j'ai adopté, je dirai que l'on ignore si la *nervimotilité* et la *locomotilité* ont une existence à part chez la sensitive. On ignore si des organes, si des tissus particuliers sont affectés à l'exercice de chacune de ces deux facultés de mouvement; on ignore, enfin, quelle est la nature de ce mouvement organique et intérieur auquel est due la locomotion végé-

[1] *Mémoires de l'académie royale des sciences*, 1736.

tale. Comment serait-on parvenu à la solution de ces problèmes sans la connaissance de l'anatomie de la plante qui les présente? C'est cette anatomie, que nous avons présentée dans la section précédente, qui va guider nos recherches. Elle nous a appris que la sensitive possède un appareil nerveux très développé, spécialement dans les feuilles et dans les bourrelets qui sont situés dans leurs articulations. Cet appareil nerveux, siége de la nervimotilité de la plante est-il aussi le siége de la locomotilité? L'expérience va nous apprendre ce que nous devons penser à cet égard.

Les mouvements de déplacement qu'offrent les parties des végétaux ne s'exécutent point exactement comme les mouvements de déplacement des membres des animaux articulés. Chez ces derniers, il y a des articulations mobiles, et les organes du mouvement, les muscles, sont plus ou moins éloignés de ces articulations. Chez les végétaux, il n'y a jamais d'articulations mobiles; leur locomotion s'opère toujours au moyen de l'inflexion de parties douées d'une souplesse et d'une mollesse remarquables; ici les organes du mouvement sont dans le lieu même où la flexion s'opère; le tissu organique éprouve dans cet endroit un mouvement intérieur qui détermine la flexion ou le redressement de la partie. C'est de cette manière que se meuvent également les membres de certains animaux inarticulés, tels que les mollusques céphalopodes, les hydres, etc. On ne doute point que chez ces derniers le mouvement ne soit dû à l'action mus-

culaire; mais en est-il de même chez les végétaux? L'anatomie ne nous a rien fait voir chez la sensitive que nous puissions comparer à des muscles. Étudions donc la manière dont s'opèrent les mouvements de déplacement dans les feuilles de cette plante. On sait qu'au moindre attouchement, à la moindre secousse, ces feuilles se ploient avec rapidité; cette plicature s'opère de la manière suivante. Les folioles se ploient par paires en se joignant par leurs faces supérieures; par ce mouvement, elles se rapprochent de leur axe commun qui est la pinnule; les pinnules se ploient en se rapprochant également de leur axe commun, qui est le pétiole, au sommet duquel elles sont implantées par paires; le pétiole se ploie en s'éloignant de la tige sur laquelle il est implanté. Ce mouvement d'éloignement du pétiole est si étendu que ce dernier s'incline vers la terre en se rapprochant de la partie de la tige qui est située au-dessous de son insertion; ainsi le mouvement du pétiole s'opère en sens inverse de celui des pinnules et des folioles. Ces deux dernières se rapprochent de la partie supérieure de l'axe duquel elles émanent; le pétiole, au contraire, s'éloigne de la partie de la tige qui lui est supérieure, et se rapproche de la partie de cette même tige qui lui est inférieure. Tous ces mouvements s'opèrent au moyen de la flexion de certains bourrelets alongés qui sont situés à la base de ces parties mobiles. Le bourrelet du pétiole présente seul une grosseur suffisante pour qu'il soit possible de le soumettre à l'expérience. Ce bourrelet, lorsque la feuille est redres-

sée, est disposé comme on le voit en *ab* (figure 18); on voit en *cd* la forme qu'il prend lorsque le pétiole est fléchi et la feuille inclinée vers la terre. Droit dans le premier cas, ce bourrelet forme dans le second une courbe dont la convexité est dirigée vers le ciel : cette courbure n'est point un état d'affaissement, car elle résiste à l'effort que l'on fait pour la redresser; c'est véritablement le résultat d'une action organique des parties qui composent intérieurement le bourrelet. Nous avons vu plus haut que ce dernier est principalement composé de cellules globuleuses qui contiennent un fluide concrescible et qui sont environnées par un tissu cellulaire très délicat, dans lequel il existe une immense quantité de corpuscules nerveux; ce tissu est un développement particulier du parenchyme cortical; le centre du bourrelet est occupé par un petit faisceau de tubes. Il fallait d'abord savoir quelle est celle de ces deux parties qui est l'organe du mouvement; pour y parvenir, j'ai fait l'expérience suivante. J'ai enlevé tout le parenchyme cortical du bourrelet, en le grattant doucement avec un canif bien acéré, en sorte que le faisceau central de tubes est resté à nu. Cette opération n'a point fait mourir la feuille, dont seulement les folioles ont été pendant plusieurs jours sans se déployer. Le résultat de cette expérience a été que le pétiole a complètement perdu la faculté de se mouvoir; ce qui prouve que les tubes contenus dans le bourrelet ne sont pas les organes de son mouvement, qui m'a paru ainsi devoir résider uniquement dans le parenchyme

cortical. Les deux mouvements opposés, de flexion et de redressement, que présente le bourrelet me paraissant devoir être en rapport avec les fonctions de la portion supérieure *a* et de la portion inférieure *b* (figure 18), j'enlevai, par une section longitudinale, tout le parenchyme cortical sur le côté supérieur *a*, de plusieurs bourrelets; je fis la même opération au côté inférieur *b* de plusieurs autres bourrelets. Les feuilles continuèrent à vivre et à présenter leurs phénomènes habituels, excepté seulement en ce qui concerne le mouvement du pétiole. Ce mouvement fut tout-à-fait anéanti dans les pétioles dont le bourrelet avait été dépouillé de son parenchyme cortical à son côté inférieur *b*; le pétiole resta constamment fléchi vers la terre et ne fit aucun effort pour se relever. Ce fait me prouva que le redressement du pétiole n'est point opéré par le côté supérieur du bourrelet; car ce côté supérieur étant resté intact n'aurait pas manqué d'opérer le redressement du pétiole. Au contraire, tous les pétioles dont le bourrelet avait été dépouillé du parenchyme cortical par son côté supérieur *a* ne tardèrent point à se redresser, et même ils se redressèrent beaucoup plus qu'ils ne le faisaient avant l'opération; et je remarquai qu'ils ne se fléchirent plus vers la terre pendant la nuit, comme ils le faisaient auparavant: les secousses que je leur imprimais n'avaient plus le pouvoir de déterminer cette flexion. J'employai, dans la vue de provoquer cette dernière, les moyens que je savais être les plus énergiques; telle est, par exemple, l'ustion légère des

folioles. Ce moyen produisit une légère *hésitation* de flexion sur quelques uns de mes pétioles et laissa les autres complètement immobiles. Je m'aperçus que cette différence de résultat tenait à ce que, dans les premiers, le côté supérieur du bourrelet n'avait pas été enlevé exactement jusqu'à la moitié de ce dernier : j'achevai cet enlèvement, et alors les pétioles demeurèrent immobiles dans leur état de redressement. Le fait du redressement du pétiole après l'ablation du parenchyme cortical au côté supérieur du bourrelet, me prouva de nouveau que ce redressement n'est point dû à l'action de ce côté supérieur; il me prouva en même temps qu'il est dû à l'action du côté inférieur. Ainsi c'est l'action organique de la moitié supérieure *a* du bourrelet, considéré comme fendu longitudinalement, qui opère seule la flexion du pétiole; et c'est l'action organique de la moitié inférieure *b* qui opère seule son redressement. Dans la dernière expérience, le redressement fut plus considérable qu'il ne l'est dans l'état naturel, parceque l'action redressante du côté inférieur n'était plus contre-balancée par l'action fléchissante du côté supérieur. Quelques jours après cette dernière expérience les feuilles qui y étaient soumises fléchirent leurs pétioles vers la terre, tandis que les autres feuilles de la plante conservaient leur état de redressement. Ce fait était en contradiction avec mes expériences précédentes; j'en recherchai la cause, et soupçonnant que la plante n'avait pas assez d'eau, je l'arrosai; bientôt après les pétioles abattus se redressèrent. Ce

fait me prouva que la flexion de ces pétioles n'était point due, dans ce cas, à une action vitale, mais qu'elle était seulement le résultat de l'affaissement des cellules par le manque d'eau. L'afflux de la sève dans les cellules occasiona le redressement du pétiole, qui ne se fléchit plus, moyennant que j'eus soin d'arroser suffisamment la plante. Ce dernier fait me prouva que l'action organique par laquelle le côté inférieur *b* redresse le pétiole ne peut avoir lieu qu'à l'aide d'une sève abondante, et cela me donna lieu de penser qu'il en était de même de l'action organique par laquelle le côté supérieur *a* opérait la flexion du pétiole. Je voulus toutefois m'en assurer par l'expérience. Pour cela, je retranchai le côté inférieur *b* aux pétioles des trois dernières feuilles d'une tige fort alongée, puis ayant courbé cette tige de sorte que son sommet était dirigé vers la terre, je la fixai dans cette position; de cette manière, le côté supérieur *a*, qui restait seul à chaque pétiole, regardait la terre; il était devenu inférieur. Le premier jour le poids de la feuille l'entraîna un peu vers la terre, mais dès le second jour la feuille et son pétiole se portèrent vers le ciel par le moyen de la courbure du côté *a*, qui, dans cette expérience, était devenu inférieur. Cette position ne varia point pendant la nuit, et les irritants extérieurs appliqués aux folioles ne la firent point varier non plus. Cet état de redressement constant, ou plutôt de flexion ascendante, dura pendant quinze jours. Je n'avais point arrosé la plante pendant cet espace de temps, et je l'avais tenue à l'ombre pour éviter

que ses feuilles, trop peu fournies de sève, ne fussent desséchées par les rayons du soleil. Je vis alors les pétioles s'incliner vers la terre par la cessation de la courbure du côté *a* du bourrelet; les autres feuilles de la plante avaient perdu la plus grande partie de leur motilité : lorsqu'on les frappait vivement avec le doigt, les folioles se ployaient imparfaitement et le pétiole demeurait immobile. Alors j'arrosai la plante, et quelques heures après je vis les pétioles inclinés se porter de nouveau vers le ciel, par le rétablissement de la courbure du côté *a*, dont la convexité regardait la terre, par l'effet du renversement de la tige. Cette expérience me prouva deux choses, 1° que la courbure du côté supérieur *a* est le résultat d'une action organique; 2° que cette action organique perd de son énergie lorsque l'abondance de la sève est diminuée, et qu'elle récupère cette énergie par le retour d'une sève abondante. Il résulte en outre de ces expériences que les deux côtés *a* et *b* du bourrelet présentent le même phénomène, mais en sens inverse : le côté *a*, par son action organique prédominante, fléchit le pétiole vers la terre, et le côté *b*, par son action organique à son tour prédominante, relève le pétiole vers le ciel. Dans l'expérience précédente, nous avons vu que le manque d'une sève suffisamment abondante avait occasioné l'extrême diminution de la motilité des feuilles de la sensitive; cette observation achève de prouver le rôle important que joue la sève abondante dans la production des mouvements de cette plante.

J'ai dit, dans la section précédente, que pour voir l'organisation intérieure du bourrelet je le divisais en tranches minces. Cette opération m'a fait apercevoir un nouveau phénomène. En plongeant ces tranches dans l'eau, on ne tarde point à les voir se ployer en cercle. Si ces tranches sont enlevées sur le côté supérieur *a*, leur concavité occupe toujours la partie qui regardait le centre ou l'axe du bourrelet; il en est de même si les tranches sont enlevées sur le côté inférieur *b*; en sorte que le bourrelet se trouve ainsi composé de deux ressorts antagonistes, et qui tendent à se courber en sens inverses: le ressort inférieur *b* redresse le pétiole, et le ressort supérieur *a* le fléchit. L'action de ces ressorts ne se manifeste d'une manière bien sensible dans les tranches enlevées aux bourrelets que lorsqu'on plonge ces tranches dans l'eau, qui joue certainement un rôle important dans le développement de cette force élastique. En effet, nous avons vu que, dans l'état naturel, c'est la présence d'une sève abondante qui donne l'énergie à ces ressorts. Ceci pourrait faire penser que leur force élastique dépendrait d'une sorte de turgescence des cellules gonflées par l'abondance du liquide; mais comment concevoir une turgescence qui courberait et qui redresserait alternativement le même organe? Il faudrait donc admettre que le liquide se porterait avec excès, tantôt vers le côté supérieur du bourrelet, tantôt vers son côté inférieur. Il faudrait également admettre que dans les tranches minces du bourrelet, lesquelles se courbent en cercle, le liquide remplirait

vec excès les cellules du côté convexe, et se porterait vec moins d'abondance dans les cellules du côté oncave. Ces explications, purement hypothétiques, eraient nulles pour la science. Nous n'apercevons ici u'un seul fait, c'est l'existence d'une force élastique ui diminue ou qui même cesse d'exister par l'absence 'une quantité suffisante d'eau, et qui, suivant certaines irconstances, tantôt courbe le bourrelet vers la terre, antôt le redresse vers le ciel. Le résultat de cette force lastique est une courbure du tissu organique dans un ens déterminé; je donnerai à ce phénomène le nom *'incurvation*. Les côtés supérieur et inférieur du ourrelet tendent à s'*incurver* dans des sens inverses; ette incurvation se manifeste dans toutes les tranches, uelque minces qu'elles soient, dans lesquelles ces ôtés peuvent être mécaniquement divisés; elle esse tout-à-coup d'avoir lieu par l'immersion des ranches courbées dans un fluide qui anéantit la vie, el qu'un acide ou une solution alkaline. Le contact le ces substances fait à l'instant cesser la courbure: es tranches deviennent droites, et ne sont plus susceptibles de se courber de nouveau; ainsi cette *incurvation élastique* est un phénomène vital.

Les deux ressorts vitaux dont l'antagonisme opère alternativement le redressement et la flexion du pétiole sont en rapport, sous le point de vue de leur action, avec des causes occasionelles différentes. L'incurvation du ressort supérieur *a* est déterminée par la plupart des causes extérieures qui agissent sur la plante entière, ou seulement sur l'une de ses

parties ; telles sont principalement les secousses, l'action subite du froid ou d'une trop forte chaleur, l'action des substances caustiques, etc. Alors le ressort inférieur *b* éprouve une incurvation qui s'effectue dans un sens opposé à celui dans lequel son incurvation naturelle tend à s'opérer ; c'est le résultat d'une augmentation momentanée et d'une prédominance dans la force du ressort supérieur *a*. L'incurvation naturelle du ressort inférieur *b* se manifeste à son tour d'une manière prédominante, par le seul effet de l'absence des causes occasionelles qui avaient déterminé l'incurvation du ressort supérieur, c'est-à-dire par le repos. L'influence de la lumière détermine également cette prédominance du ressort inférieur ; aussi la perd-il et le ressort supérieur devient-il prédominant par le seul fait de l'absence de cet agent; c'est pour cela que les feuilles se ploient le soir.

Jusqu'ici nous avons considéré le bourrelet de la sensitive comme composé seulement de deux ressorts antagonistes, l'un supérieur *a*, qui fléchit le pétiole, et l'autre inférieur *b* qui le redresse. Ces mouvements sont en effet, dans l'état naturel, les seuls qu'exerce le bourrelet, mais on peut lui en faire exécuter d'autres : ainsi, si l'on ploie une tige de manière à déranger la direction naturelle des feuilles vers la lumière, on voit cette direction se rétablir bientôt, et cela s'opère souvent par l'inflexion latérale du bourrelet ; il y a donc aussi des ressorts latéraux. Effectivement, si l'on enlève des tranches minces sur les parties la-

térales du bourrelet, ces tranches plongées dans l'eau se courbent en cercle, de la même manière que cela arrive aux tranches enlevées aux côtés supérieur et inférieur; en un mot, quelle que soit la partie du bourrelet sur laquelle on enlève une tranche, celle-ci jouit toujours de la propriété d'affecter, lorsqu'on la plonge dans l'eau, une courbe dont la concavité regarde l'axe du bourrelet. Ainsi, le bourrelet du pétiole est organisé pour se mouvoir dans tous les sens; cependant il ne se meut ordinairement que dans deux sens seulement, celui de la flexion, qui est une *abduction* du pétiole, et celui du redressement, qui est une *adduction* de ce même pétiole. Or il est fort remarquable que dans le même moment, et sous l'influence d'une même cause, les folioles et les pinnules se meuvent dans des sens opposés à celui du pétiole. En effet, lorsqu'on provoque les mouvements d'une feuille de sensitive, les folioles et les pinnules se meuvent dans le sens de l'*adduction*, elles se rapprochent de la partie supérieure de l'axe commun qui les porte; le pétiole, au contraire, se meut dans le sens de l'*abduction*, il s'éloigne de la partie supérieure de la tige sur laquelle il est implanté, et ce mouvement d'abduction est tellement étendu, que le pétiole se rapproche de la partie de la tige qui lui est inférieure. Ces organes étant abandonnés à eux-mêmes, ne tardent point à se mouvoir spontanément dans des sens opposés à celui de leur mouvement provoqué, c'est-à-dire les folioles et les pinnules dans le sens de l'abduction, et le pétiole dans le sens de l'adduction.

Nous venons de voir que c'est dans une incurvation vitale, et qui s'exerce dans des sens alternativement opposés, sous l'influence de certaines causes extérieures, que consiste l'*irritabilité* de la sensitive. Si actuellement nous jetons les yeux sur les autres plantes chez lesquelles on observe cette *irritabilité*, nous voyons partout le même phénomène, c'est-à-dire une incurvation vitale du tissu organique. L'*hedisarum girans* nous montre dans les pétioles de ses feuilles, sans cesse oscillantes, une *incurvation oscillatoire*, c'est-à-dire qui s'exerce dans des sens alternativement opposés. Les étamines du *cactus opuntia* et du *berberis vulgaris* offrent de même, lorsqu'on les touche, un simple phénomène d'incurvation dans un sens déterminé et suivi de redressement quelque temps après que la cause occasionelle de l'incurvation a cessé d'agir : il en est de même des feuilles de la dionée (*dionea muscipula*). Dans toutes ces circonstances l'incurvation ne s'effectue que dans un sens ; il n'y a qu'une seule courbure qui alterne avec un état de redressement ou avec une courbure dans un sens opposé ; mais il est quelques cas où cette incurvation oscillatoire s'effectue dans plusieurs sens différents, tel est, par exemple, le phénomène que présente une plante du genre *ypomœa*, observée aux Antilles par M. Turpin, plante encore inédite, qu'il désigne sous le nom d'*ypomœa sensitiva*. Le tissu membraneux de la corolle campanulée de cette plante est soutenu par des *filets* ou par des *nervures* qui, au moindre attouchement, se plissent ou s'*in-*

curvent sinueusement, de manière à entraîner le tissu membraneux de la corolle, laquelle, de cette manière, se ferme complètement; elle ne tarde point à s'ouvrir de nouveau lorsque la cause qui avait déterminé sa plicature a cessé d'agir. Ce phénomène, dont l'observation appartient à M. Turpin, n'est point, au reste, essentiellement différent de celui que présente la corolle des *convolvulus* dont le genre *yponæa* est très voisin. C'est, en effet, par le même mécanisme que la corolle de ces plantes se ferme le soir et s'ouvre le matin; c'est encore par le même mécanisme que s'ouvre et se ferme la corolle des nyctaginées. Il n'y a de particulier dans l'*yponæa sensitiva* que la propriété que possède sa corolle de se fermer sous l'influence des agents mécaniques. Ces diverses observations prouvent que l'incurvation oscillatoire des végétaux est tantôt *simple* ou à courbure unique, et tantôt *sinueuse* ou à courbures multipliées.

Outre l'*incurvation oscillatoire*, il y a chez les végétaux une *incurvation fixe*, c'est-à-dire une incurvation qui n'alterne point avec un état de redressement. Ce second phénomène est beaucoup plus commun que le premier, dont il ne diffère pas essentiellement. L'ovaire de la balsamine en offre un exemple très remarquable. A l'époque de la maturité, les valves de cet ovaire se séparent les unes des autres, et se roulent en spirale. Avant leur séparation elles se pressaient mutuellement par leur force élastique, ou par leur tendance à l'incurvation. Les vrilles et les tiges grimpantes qui se roulent en spirale autour de

leurs appuis offrent de même un phénomène d'incurvation fixe. Ainsi on peut établir en thèse générale que la locomotilité végétale consiste dans une tendance à l'incurvation *fixe* ou *oscillatoire*. Je ne chercherai point ici à déterminer la cause de ce phénomène de la vie végétale. Ce serait d'ailleurs en vain que l'on essaierait de le faire avec les seules notions que nous avons acquises jusqu'ici. On ne peut expliquer les phénomènes de la nature que par un rapprochement de faits ; or, le fait de l'incurvation vitale est encore pour nous un phénomène isolé. Ce ne sera que dans l'étude des animaux que nous trouverons de nouveaux faits du même genre, à l'aide desquels nous pourrons tenter l'explication de ce phénomène. Je me contenterai donc de prouver ici que l'incurvation végétale est un résultat de l'action nerveuse mise en jeu par les agents du dehors.

Les chocs ou les secousses sont les moyens les plus généralement employés par les curieux pour provoquer les mouvements de la sensitive. Lorsqu'une feuille se ploie sous l'influence d'un choc, on peut penser avec raison que cette influence s'est fait sentir directement et sans intermédiaire aux bourrelets qui exécutent le mouvement; on en peut dire autant, lorsqu'une secousse imprimée à la plante entière détermine la plicature de toutes les feuilles. Ainsi ces expériences laissent douter s'il existe un mouvement nerveux antérieur au mouvement de flexion des bourrelets; elles ne permettent pas de distinguer la *nervimotilité* de la *locomotilité*. Il n'en est pas ainsi lors-

qu'on sollicite les mouvements de la sensitive par des agents dont l'influence ne s'exerce que sur une partie déterminée, qui est plus ou moins éloignée des bourrelets ou des organes locomoteurs. Les mouvements qu'exécutent alors ces organes prouvent bien évidemment que leur action est la suite d'un mouvement nerveux, et que par conséquent la nervimotilité et la locomotilité existent d'une manière distincte chez la sensitive. Ainsi, lorsqu'on brûle une seule foliole avec les rayons du soleil rassemblés par une lentille, ou avec une flamme légère, on voit à l'instant cette foliole se ployer avec son opposée; les folioles voisines se ploient ensuite, et le mouvement se communique ainsi de proche en proche et de haut en bas jusqu'à la base de la pinnule qui porte ces folioles: les autres pinnules se ploient, et ensuite on voit le mouvement se communiquer de même de proche en proche et de bas en haut aux folioles qu'elles supportent. Pendant que cela s'exécute, et après un certain intervalle de temps, on voit le pétiole se fléchir. Ce n'est pas tout, les autres feuilles qui garnissent la tige au-dessus et au-dessous de la feuille qui a été brûlée se mettent aussi en mouvement les unes après les autres, et l'on voit la plicature de leurs pinnules et de leurs folioles succéder à la flexion de leur pétiole. Il est impossible de ne pas reconnaître qu'il existe ici un mouvement invisible qui se transmet de proche en proche. Il existe donc un phénomène vital antérieur à la locomotion, et postérieur à l'influence de la cause extérieure. Ce phénomène est la *nervi-*

motion; mouvement vital invisible par lui-même, appréciable seulement par ses effets; mouvement dont on peut suivre et calculer la marche; mouvement, enfin, qui détermine la locomotion végétale, lorsqu'il parvient aux parties qui, en vertu de leur organisation, possèdent cette faculté de mouvement. La nervimotion paraît être un mouvement vital *passif,* c'est-à-dire communiqué par les agents nervimoteurs; ce premier mouvement vital est la cause immédiate du mouvement vital secondaire ou de la locomotion qui opère le déplacement des parties. Ce mouvement vital secondaire, dépendant immédiatement d'une cause intérieure et vitale, est par cette raison nommé *spontané.*

La faculté locomotrice n'appartient qu'aux bourrelets des feuilles chez la sensitive; toutes les autres parties de cette plante sont étrangères à cette faculté vitale; il n'en est pas de même de la nervimotilité; cette dernière existe dans toutes les parties de la plante. Aussi avons-nous vu que toutes possèdent des organes nerveux en quantité plus ou moins considérable. Ainsi, si l'on dirige un verre ardent sur les fleurs de la sensitive, il ne se manifeste à l'extérieur aucun mouvement dans ces fleurs ni dans leur long pédoncule commun; cependant la nervimotion y est produite, car quelques instants après on voit les feuilles de la tige se ployer les unes après les autres. Le même phénomène a lieu lorsqu'on agit sur les fleurs non encore développées et en bouton. Une chaleur un peu vive appliquée par le même moyen à l'é-

corce de la tige produit les mêmes mouvements dans les feuilles de cette tige. Lorsqu'une feuille est complètement ployée, et qu'il n'est plus possible de provoquer chez elle aucun mouvement appréciable, elle ne laisse pas cependant d'être encore susceptible de nervimotion, car l'ustion de ses folioles provoque la plicature des autres feuilles de la tige à laquelle elle appartient. Ces faits prouvent que la nervimotilité appartient à toutes les parties de la plante, et qu'elle est très distincte de la locomotilité. Ici une question fort importante se présente : nous voyons que la nervimotion produite dans une partie quelconque de la plante se transmet de proche en proche aux autres parties. Ce mouvement invisible se transmet-il par tous les organes intérieurs du végétal, ou bien y a-t-il des organes spécialement affectés à cette transmission? Pour arriver à la solution de cette question, j'ai fait des expériences assez nombreuses, et la plupart fort délicates : je vais les exposer. J'enlevai un anneau d'écorce sur une tige; les feuilles, comme on le pense bien, se ployèrent toutes par l'effet de leur agitation pendant cette opération; mais elles ne tardèrent pas à reprendre leur position de déploiement. Alors je brûlai légèrement quelques folioles de la feuille située au-dessus de la décortication annulaire. Cette feuille se ploya, et quelques instants après les autres feuilles situées au-dessous de l'endroit décortiqué se ployèrent tour à tour. Je répétai cette expérience, en brûlant les folioles de la feuille située au-dessous de l'endroit décortiqué. Les feuilles situées au-dessus de cet endroit ne tardèrent

point à se ployer. Ces expériences me prouvèrent que la nervimotion se transmet également bien en montant et en descendant, malgré l'enlèvement de l'écorce.

Après avoir enlevé un anneau d'écorce, j'ouvris latéralement le canal médullaire, et j'enlevai toute la moelle; après cette préparation et le repos nécessaire, je brûlai quelques folioles de la feuille située au-dessus du lieu de l'opération. Les feuilles subjacentes ne tardèrent pas à se ployer. Cette expérience me prouva que la nervimotion se transmet malgré l'enlèvement simultané de l'écorce et de la moelle. Les parties de la plante situées au-dessus et au-dessous du lieu de l'opération ne communiquaient plus ici que par la partie ligneuse du système central.

Je voulus savoir si la moelle seule était susceptible de transmettre la nervimotion. A cet effet, je choisis l'un des derniers articles d'une tige dont la moelle était encore verte et pleine de sève; j'enlevai tout le tissu végétal jusqu'à la moelle sur trois de ses côtés avec un instrument bien tranchant; ensuite je fortifiai la tige, affaiblie par cette opération, au moyen d'une petite attelle de bois que j'attachai avec du fil au-dessus et au-dessous du lieu de l'opération. Cela fait, j'enlevai le tissu végétal jusqu'à la moelle sur le côté de la tige qui était resté intact. Je m'assurai que la moelle était parfaitement à nu dans tout son pourtour en l'examinant à la loupe. J'enveloppai la plaie avec du coton imbibé d'eau, afin d'empêcher que la moelle ne se desséchât, et j'attendis que les feuilles situées au-dessous du lieu de l'opération se fussent déployées,

car la feuille située au-dessus ne se déploya point. Je brûlai légèrement cette dernière, sachant, par mes expériences précédentes, que la feuille dans l'état de plicature est tout aussi susceptible de nervimotion que dans l'état de déploiement. Les feuilles, situées au-dessous du lieu de l'opération, n'éprouvèrent aucun mouvement, quelque forte que fût l'ustion de la feuille supérieure. Cette expérience me prouva que la moelle ne transmet point du tout la nervimotion.

Il me restait à savoir si l'écorce était susceptible de transmettre ce mouvement. Je préparai donc une tige de manière que sa partie supérieure ne communiquait avec sa partie inférieure que par un lambeau d'écorce, qui n'était guère que le tiers de l'écorce entière. Cette opération fut faite avec assez de légèreté pour que les feuilles de la partie inférieure de la tige soumise à l'expérience ne se ployassent point, en sorte qu'il me fut possible de faire cette expérience immédiatement après l'opération. Ayant donc brûlé les feuilles de la partie supérieure de la tige, celles de la partie inférieure ne se ployèrent point, ce qui me prouva que l'écorce ne transmet point la nervimotion. Dans un essai tenté antérieurement, j'avais obtenu un résultat opposé, lequel m'avait fait penser que l'écorce était susceptible de transmettre la nervimotion. Mais, ayant répété plusieurs fois cette expérience avec beaucoup de soin, je me suis pleinement convaincu que l'écorce ne jouissait point du tout de cette faculté, et que si quelquefois elle paraissait transmettre la nervimotion, cela provenait

de ce qu'en détachant l'écorce, j'avais entraîné avec elle quelques filets ligneux du système central. C'était par ces filets que la nervimotion se transmettait dans ces expériences trompeuses.

Il était important de savoir si le tissu cellulaire rempli de corpuscules nerveux, qui forme la majeure partie des bourrelets, était susceptible de transmettre la nervimotion. Pour faire cette expérience, il s'agissait de laisser une portion de ce tissu cellulaire subsister seule, en enlevant complètement le faisceau de tubes qui occupe le centre du bourrelet. Cette opération est extrêmement délicate : je vins cependant à bout de l'exécuter, et j'eus une feuille qui ne communiquait plus avec la tige que par le moyen d'une portion du tissu cellulaire de son bourrelet pétiolaire. Je brûlai les folioles de cette feuille; mais les autres feuilles de la tige restèrent parfaitement immobiles, ce qui me prouva que le tissu cellulaire rempli d'organes nerveux, qui constitue essentiellement le bourrelet, ne transmet point du tout la nervimotion. Je fis une contre-épreuve : j'enlevai tout le tissu cellulaire du bourrelet, et je ne laissai subsister que le très petit faisceau de tubes qui en occupe le centre, en sorte que la feuille ne communiquait plus avec la tige que par ce petit faisceau. Je brûlai ses folioles, et bientôt après les autres feuilles de la tige se ployèrent.

Il résulte de ces expériences, que la moelle, l'écorce, et le tissu cellulaire rempli de corpuscules nerveux, qui constitue le bourrelet, sont également incapables

de transmettre la nervimotion, et que ce mouvement invisible est exclusivement transmis par la portion ligneuse du système central. L'anatomie que nous avons présentée plus haut, de toutes les parties de la sensitive nous met à même de rechercher les causes de cette différence qui existe entre les facultés des diverses parties de la plante. La moelle est entièrement composée de tissu cellulaire qui contient des corpuscules nerveux. Comme elle ne transmet point la nervimotion, cela prouve, 1° que ce mouvement n'est point transmis par le tissu cellulaire, 2° qu'il ne se propage point non plus par le moyen des corpuscules nerveux que contient ce tissu cellulaire. Cette inaptitude des corpuscules nerveux à transmettre la nervimotion est encore démontrée d'une manière plus évidente par le tissu cellulaire corpusculifère du bourrelet. Ici les corpuscules nerveux sont extrêmement nombreux; cependant ce tissu cellulaire corpusculifère ne transmet point la nervimotion. Nous sommes donc forcés de reconnaître que les corpuscules nerveux, qui sont, dans ma manière de voir, les agents de la puissance nerveuse, ne sont cependant point les organes de la transmission de cette puissance.

Il nous reste à comparer l'organisation du système cortical qui ne transmet point la nervimotion avec l'organisation de la partie du système central qui transmet ce mouvement. L'écorce est exclusivement composée de clostres et de tissu cellulaire articulé corpusculifère. La partie ligneuse du système cen-

tral contient des trachées, des tubes corpusculifères, des clostres et du tissu cellulaire articulé corpusculifère. L'inaptitude des clostres et du tissu cellulaire articulé corpusculifère à transmettre la nervimotion dans le système cortical doit nous porter à refuser cette fonction à ces mêmes organes dans le système central. Il ne nous reste donc, dans ce dernier système, que les trachées et les tubes corpusculifères, auxquels, par voie d'exclusion, nous puissions attribuer la faculté de transmettre la nervimotion. Mais l'expérience prouve que cette transmission s'opère sans le concours des trachées. En effet, j'ai vu qu'en laissant subsister le plus petit filet de la partie extérieure du système central comme seul moyen de communication entre les deux parties d'une tige, cela suffisait pour transmettre la nervimotion de l'une à l'autre. Or les trachées occupent exclusivement l'étui médullaire : elles sont donc, dans cette expérience, étrangères à la transmission de la nervimotion. Il ne reste donc, en définitive, que les tubes corpusculifères auxquels nous puissions attribuer cette transmission. Ces tubes, mêlés aux clostres, se trouvent en effet dans toute l'épaisseur de la couche ligneuse. Ici l'on peut se demander si c'est par le moyen de la sève qu'ils conduisent, ou par le moyen des corpuscules nerveux qui sont placés dans leurs parois, que ces tubes transmettent la nervimotion. Nous avons constaté plus haut l'inaptitude des corpuscules nerveux pour opérer cette transmission, il reste donc démontré qu'elle s'opère

par l'intermédiaire de la sève. Cette conclusion est mise hors de doute par les observations suivantes. Il est certain que les parties qui conduisent la sève sont les seules qui conduisent également la nervimotion. Lorsque deux portions de tige ne communiquent plus entre elles que par le moyen de la moelle ou par le moyen de la seule écorce, la portion supérieure ne tarde point à se flétrir et à mourir, parceque la moelle et l'écorce ne transmettent point la sève d'une portion à l'autre. Elles ne transmettent point non plus la nervimotion. Lorsqu'une feuille de sensitive ne communique plus avec la tige que par le moyen du tissu cellulaire du bourrelet de son pétiole, elle se fane promptement, parceque ce tissu cellulaire ne transmet point la sève; il ne transmet point non plus la nervimotion. Lorsqu'au contraire une feuille ne communique plus avec la tige que par le moyen du petit faisceau de tubes qui occupe le centre du bourrelet du pétiole, ce petit faisceau de tubes continue à nourrir la feuille; en lui transmettant la sève, il transmet également la nervimotion. Toutes les portions du système central qui contiennent des tubes propres à transmettre la sève, sont également propres à transmettre la nervimotion. En un mot, nous voyons toujours la transmission de la sève liée d'une manière exclusive et inséparable à la transmission de la nervimotion; il n'y a donc pas de doute que la transmission de la puissance nerveuse, chez la sensitive, ne s'opère par l'intermédiaire du liquide séveux. Les corpuscules nerveux sont étran-

gers à cette transmission, bien qu'ils soient les organes producteurs de cette puissance, au moyen de l'influence des agents nervimoteurs.

La nervimotilité n'appartient pas exclusivement aux diverses parties de la tige de la sensitive, on l'observe aussi dans les racines de cette plante; l'expérience qui prouve cette assertion appartient à l'illustre Desfontaines, et je l'ai répétée. Si l'on arrose les racines de la sensitive avec de l'acide sulfurique, on ne tarde point à voir les feuilles de la tige se ployer les unes après les autres; celles qui sont les plus voisines de la racine se ploient les premières; les feuilles qui occupent les extrémités des rameaux se ploient les dernières. Il y a évidemment, dans ce phénomène, une transmission de la nervimotion qui provoque la plicature des feuilles à mesure qu'elle parvient jusqu'à elles, et qui tire son origine de l'action exercée sur les racines par l'acide qui les baigne. Je n'avais versé de l'acide que dans un seul endroit sur les racines de ma sensitive. Lorsque je vis toutes les feuilles ployées, j'enlevai, en les cernant avec un couteau, toutes les racines offensées, ainsi que la terre imprégnée d'acide : la plante, quelques heures après, redressa ses pétioles, mais elle ne déploya ses folioles que le lendemain; cette opération ne la fit point mourir.

La transmission de la puissance nerveuse ou la nervimotion s'opère avec assez de lenteur chez la sensitive. Il s'écoule en effet un temps assez considérable entre le moment où l'on brûle légèrement une fo-

fiole avec un verre ardent, et celui où la nervimotion produite par cette action parvient aux autres folioles, aux pinnules, au bourrelet du pétiole, et enfin aux autres feuilles de la tige. Il me parut donc qu'il n'était point impossible de mesurer le temps qui s'écoulait entre ces diverses actions, et de comparer les espaces parcourus par la nervimotion avec les temps employés à parcourir ces espaces. Il était important de savoir si les variations de la température influaient sur la vitesse de la transmission de ce mouvement intérieur. J'ai fait dans cette vue un grand nombre d'expériences; voici la méthode que j'employais : je brûlais légèrement les folioles terminales de l'une des pinnules d'une feuille, soit avec un verre ardent, soit avec une flamme légère. A l'instant les folioles commençaient à se ployer par paires les unes après les autres. Je tenais près de mon oreille une montre dont le balancier effectuait ses oscillations, composées chacune de deux battements, dans une demi-seconde; je comptais le nombre de ses oscillations, à partir du moment de l'ustion jusqu'à celui où les pinnules opéraient leur flexion; je mesurais de la même manière le temps qui s'écoulait jusqu'au moment de la flexion du pétiole; j'appliquais ensuite la même mesure au temps qui s'écoulait jusqu'au moment de la flexion successive des pétioles des autres feuilles de la tige. Cette première partie de l'observation étant faite, je mesurais la longueur de la pinnule, celle du pétiole, et celle des articles de la tige intermédiaires aux feuilles dont les pétioles

s'étaient fléchis. De cette manière il m'était facile de comparer les espaces parcourus par la nervimotion avec les temps employés pour les parcourir. J'ai fait cette expérience la température de l'atmosphère étant à 10, à 13, à 15, à 18, à 20 et à 25 degrés de chaleur au thermomètre de Réaumur. Voici les résultats généraux que j'ai obtenus : la progression de la nervimotion est toujours beaucoup plus rapide dans les pinnules et dans les pétioles qu'elle ne l'est dans les articles de la tige. La vitesse ordinaire de ce mouvement dans les pétioles est de huit à quinze millimètres par seconde, tandis que dans les articles de la tige ce même mouvement n'excède pas deux à trois millimètres par seconde, et souvent est encore plus lent. La température de l'atmosphère ne m'a paru exercer aucune influence sur la vitesse de ce mouvement; car j'ai obtenu des résultats peu différents les uns des autres aux divers degrés de température dont je viens de faire mention. Les variations que j'ai obtenues dans ces résultats ont été purement accidentelles, et sans aucun rapport fixe avec les variations de la température extérieure; seulement j'ai observé que, lorsque la température était à + dix degrés, la nervimotion provoquée par l'ustion se transmettait à une distance moindre que celle à laquelle elle parvenait lorsque la température était plus élevée.

Nous venons de voir que la nervimotion a constamment une vitesse plus considérable dans les pétioles que dans la tige, lorsque ce mouvement provoqué dans les folioles traverse le pétiole en descen-

lant pour gagner le corps de la tige. J'ai observé que ce même phénomène a lieu lorsque la nervimotion provoquée dans la tige par l'ustion de son écorce arrive aux pétioles et les traverse en remontant pour gagner les pinnules et les folioles. Voici comment je faisais cette expérience : après avoir brûlé vivement l'écorce de la tige avec un verre ardent, je ne tardais pas à voir les feuilles les plus voisines fléchir leur pétiole. Bientôt après, les pinnules et les folioles de ces feuilles se ployaient à leur tour; je mesurais le temps qui s'écoulait entre le moment de la flexion du pétiole et le moment de la flexion des pinnules; puis je comparais le temps écoulé avec la longueur du pétiole. J'ai trouvé, de cette manière, que la nervimotion avait, en remontant dans le pétiole, la même vitesse que nous avons observé qu'elle avait en descendant dans ce même pétiole, c'est-à-dire que ce mouvement parcourait toujours de huit à quinze millimètres par seconde, tandis que dans le corps de la tige ce même mouvement ne parcourt que deux à trois millimètres dans le même temps. L'étude comparative que nous avons faite plus haut de la structure anatomique de ces parties ne nous apprend point du tout la cause d'une différence aussi considérable. Il me paraît donc probable que cette différence tient spécialement à la différence du diamètre des parties; la nervimotion est plus rapide dans les pétioles, lesquels ont peu de diamètre, qu'elle ne l'est dans la tige, dont le diamètre est plus considérable. Ce mouvement nerveux ressemblerait par conséquent, sous

ce point de vue, au mouvement des fluides qui, mus avec une vitesse déterminée dans un canal étroit, perdent de cette vitesse en proportion de l'élargissement du canal qui les transmet, et la reprennent de nouveau lorsque le canal se rétrécit. Cette explication du phénomène dont il s'agit devient encore plus plausible par l'observation que nous avons déjà faite, que c'est par l'intermédiaire du liquide séveux que la nervimotion se transmet.

La nervimotion provoquée par l'ustion d'une feuille se propage quelquefois jusqu'aux branches voisines de celle qui porte cette feuille, en sorte qu'on voit quelquefois se ployer des feuilles très éloignées de celle sur laquelle on fait l'expérience. Il m'a semblé que l'intensité de l'ustion influait sur l'étendue de la propagation de la nervimotion ; ce mouvement ne s'étendait qu'à peu de distance lorsque l'ustion était extrêmement légère. On sent qu'il est difficile de déterminer d'une manière certaine le degré d'intensité de l'ustion que l'on opère; cependant je pouvais juger approximativement de son intensité comparative lorsque j'employais le verre ardent; car je modérais à volonté la chaleur produite en pareil cas, en plaçant le verre de manière à ce que la feuille soumise à son action fût située plus ou moins en-deçà ou au-delà de son foyer. De cette manière on peut provoquer dans la feuille une nervimotion qui ne s'étend pas plus loin que la base de son pétiole.

La communication en ligne droite, au moyen des tubes séveux, influe beaucoup sur la promptitude

de la propagation de la nervimotion. On sent que cela doit être ainsi, puisque c'est le fluide séveux qui transmet ce mouvement. Aussi ai-je observé que, lorsqu'on brûle une feuille de sensitive, il arrive souvent que la nervimotion parvient à la feuille qui est située du même côté deux articles plus bas, avant de se manifester dans la feuille située dans l'article voisin, mais du côté opposé de la tige; car on sait que les feuilles de la sensitive sont alternes.

Les feuilles de la sensitive perdent complètement leur motilité, lorsque la température de l'atmosphère se trouve à sept degrés environ au-dessus de glace, au thermomètre de Réaumur; on peut alors les brûler sans qu'il en résulte chez elles aucun phénomène de mouvement appréciable.

La lumière solaire exerce sur l'énergie de la motilité de la sensitive une influence extrêmement remarquable, et qui pourtant n'a point encore été observée. Cependant plusieurs naturalistes, et notamment MM. Duhamel, Dufay et Decandolle, ont cherché à étudier les phénomènes que présente cette plante, lorsqu'elle est plongée dans une profonde obscurité. Ces naturalistes ont toujours choisi des caves pour faire cette expérience; mais, la température de ces lieux souterrains me paraissant peu favorable au libre et plein exercice des facultés vitales de la sensitive, je résolus d'employer, pour soustraire cette plante à l'influence de la lumière, un procédé qui laissât subsister sur elle l'influence nécessaire d'une température plus élevée. A cet effet, je plaçai un

pied de sensitive, planté dans un pot sous un récipient fait avec du carton fort épais. Toutes les précautions possibles avaient été prises dans la fabrication de ce récipient pour qu'aucun rayon de lumière ne pénétrât dans son intérieur. J'accumulais de la sciure de bois autour de son orifice, afin d'intercepter tout-à-fait la faible lumière qui aurait pu pénétrer par cette voie. Cet appareil fut établi dans un appartement qui, situé sous la tuile et exposé au midi, éprouvait pendant le jour une forte chaleur, qu'il conservait avec peu de diminution pendant la nuit. C'était pendant les chaleurs de l'été; le thermomètre se tint constamment, dans cet appartement, à une élévation de + 20 à 25 degrés pendant mon observation. La sensitive, ainsi plongée dans une profonde obscurité sans être soustraite à l'influence de la chaleur, commença par ployer toutes ses feuilles. Vers le milieu du premier jour, elle les déploya à demi, et les ferma complètement le soir. Le lendemain au matin, je trouvai toutes les feuilles complètement déployées, et déjà leur motilité était sensiblement diminuée; elles ne se fermèrent plus d'une manière complète, et le troisième jour, je les trouvai à moitié déployées, et leurs folioles avaient perdu leur motilité; le pétiole seul avait encore la faculté de se fléchir. Je voulus voir si, dans cette diminution considérable de la motilité, la nervimotion aurait éprouvé de l'altération dans la rapidité de sa progression. Je brûlai légèrement l'une des folioles d'une feuille; la nervimotion se transmit, comme à l'ordinaire, à la

base du pétiole et de là aux pétioles de deux autres feuilles de la tige. Dans cette progression, la nervimotion parcourut dix millimètres par seconde dans la pinnule de la feuille et dans son pétiole; elle parcourut deux millimètres par seconde dans la tige. La même expérience, faite sur un autre pied de sensitive qui était dans le même appartement, et qui jouissait de toute sa motilité, me donna des résultats à peu près pareils. Ainsi il me fut prouvé que la diminution de la motilité n'en apporte aucune dans la rapidité de la progression de la nervimotion. Seulement je remarquai que ce mouvement se propagea moins loin chez la sensitive dont la motilité était diminuée. Je la remis sous le récipient pour continuer mon observation. Le quatrième jour, les pétioles des feuilles se ployaient encore, mais faiblement lorsqu'on les frappait vivement; les folioles étaient immobiles: le cinquième jour, toute espèce de motilité appréciable avait disparu. L'ustion elle-même ne provoquait plus aucun mouvement dans les feuilles qui étaient à moitié ouvertes, et dont les pétioles étaient redressés. J'exposai alors cette sensitive à la lumière du soleil; les folioles tardèrent peu à se déployer complètement, et, au bout de deux heures, elles commencèrent à se mouvoir légèrement lorsqu'on les frappait. Cependant le pétiole continuait à demeurer immobile. Après deux heures et demie d'insolation, les pétioles commencèrent à manifester de la motilité; elle augmenta peu à peu, et, dans le courant de la journée suivante, la sensitive avait complètement récupéré sa motilité.

lité. Il résulte de cette expérience qu'il suffit de priver la sensitive de l'influence de la lumière pour lui faire perdre les conditions de sa motilité, et que c'est dans l'influence de cet agent qu'elle puise de nouveau ces conditions, lorsqu'elle les a perdues. J'ai voulu voir quelle était l'influence qu'exerçait la température extérieure sur ce phénomène. J'ai donc répété cette expérience de la même manière sur d'autres pieds de sensitive, car celui sur lequel cette expérience avait été faite avait un peu souffert; plusieurs de ses feuilles étaient tombées. Je plaçai donc une de ses plantes sous mon récipient; la chaleur de l'appartement était alors de + 22 degrés Réaumur, et elle monta jusqu'à 24 degrés pendant la durée de l'expérience. Au bout de quatre jours et demi d'obscurité, la sensitive avait complètement perdu sa motilité. Je fis alors, sur le phénomène du retournement des feuilles, une expérience qui sera rapportée dans l'une des sections suivantes. Dans cette seconde expérience, l'abolition de la motilité fut un peu plus rapide que dans la première; cela me parut devoir dépendre du degré de la température extérieure, qui avait été constamment de + 22 à 24 degrés, tandis que dans la première expérience cette même température avait été assez constamment de + 20 à 23 degrés; elle ne s'était élevée qu'un seul jour à 25 degrés. Pour m'assurer davantage du degré de l'influence qu'exerçait la température extérieure sur la production de ce phénomène, je fis de nouveau cette même expérience par une température qui varia de + 14 à 20 degrés. Il

fallut dix jours d'obscurité à la sensitive pour lui faire perdre complètement sa motilité. Il me parut bien évident, par cette troisième expérience, qu'une température modérée retardait l'extinction de la motilité chez la sensitive, plongée dans l'obscurité; les expériences précédentes m'avaient appris que cette extinction était bien plus rapide lorsque la température était élevée. J'avais vu précédemment que l'exposition aux rayons directs du soleil rendait assez promptement les conditions de la motilité à la sensitive qui les avait perdues. Je voulus voir, dans cette circonstance, si le même effet serait produit par la lumière diffuse du jour. J'exposai donc la sensitive tirée de dessous le récipient, en plein air, derrière un bâtiment qui la garantissait des rayons directs du soleil. Le premier jour, la sensitive ne manifesta aucune motilité, mais lorsque la nuit arriva, quelques unes de ses feuilles, celles qui avaient le plus récemment atteint leur complet développement, se ployèrent, et présentèrent ainsi le phénomène du sommeil qui avait cessé d'avoir lieu sous le récipient. Le lendemain, les folioles se déployèrent, mais elles ne manifestaient aucune motilité sous l'influence des plus fortes secousses. Les vieilles feuilles avaient presque toutes perdu leurs folioles; celles qui restaient commencèrent à présenter le phénomène du sommeil le second jour. Le troisième jour, les folioles commencèrent à se mouvoir sous l'influence des chocs; les pétioles étaient encore immobiles. Le quatrième jour, les pétioles commencèrent à se mouvoir assez lé-

gèrement, et, le cinquième jour, la sensitive avait récupéré sa motilité. Ainsi il fallut cinq jours d'exposition à la lumière diffuse du jour pour rendre à la sensitive les conditions de sa motilité : nous avons vu qu'il suffisait de quelques heures d'exposition à la lumière directe du soleil pour produire le même effet. Je recommençai cette expérience une quatrième fois par une température qui varia de + 13 à 17 degrés. Il fallut onze jours d'obscurité pour opérer l'extinction complète de la motilité de la sensitive. Cette fois je ne pus observer le retour de la motilité, parceque la sensitive rendue à la lumière perdit toutes ses feuilles. Je répétai une cinquième fois l'expérience dont il est ici question par une température qui varia de + 10 à 15 degrés dans l'appartement où était le récipient sous lequel était placée la sensitive. Cette plante, plongée dans une obscurité complète, conserva sa motilité sans aucune altération bien sensible pendant dix jours. Le douzième jour, les folioles cessèrent de se mouvoir lorsqu'on les frappait; les pétioles seuls possédaient encore leur motilité. Le quinzième jour, toute motilité appréciable avait disparu. La sensitive avait souffert par cette longue obscurité; plusieurs de ses feuilles avaient jauni et leurs folioles tombaient à la moindre secousse. Cependant un assez grand nombre de ces feuilles avaient conservé leur couleur verte et me paraissaient susceptibles de récupérer leur motilité. Je voulus voir si cet effet pouvait être produit par l'exposition de la plante à la lumière diffuse

du jour, telle qu'elle parvient dans une chambre par les fenêtres au moyen de la réflexion des nuages et des objets du dehors. Ayant donc tiré ma sensitive de dessous son récipient, je la plaçai dans un lieu de l'appartement qui était bien éclairé, mais qui ne recevait point la lumière directe du soleil; dès le soir du premier jour quelques unes des feuilles les moins âgées commencèrent à présenter le phénomène du sommeil, qui avait cessé d'avoir lieu sous le récipient. Le lendemain, les folioles se déployèrent à la lumière, mais restèrent immobiles sous l'influence des plus fortes secousses. Les feuilles plus âgées ne commencèrent à présenter le phénomène du sommeil que le quatrième jour. Alors les folioles des jeunes feuilles se mouvaient fort légèrement lorsqu'on les choquait vivement avec le doigt; les pétioles étaient immobiles. Le cinquième jour, la plante continua de présenter les mêmes phénomènes d'une motilité languissante. Le sixième jour, je plaçai la sensitive aux rayons d'un soleil ardent; au bout de quatre heures, les jeunes feuilles avaient complètement récupéré leur motilité, et les vieilles feuilles l'avaient récupérée en partie. Ces dernières avaient jusqu'alors refusé de se mouvoir sous l'influence des chocs. L'exposition de la plante au soleil pendant la durée du septième jour acheva de lui rendre complètement sa motilité. Il résulte de ces expériences que la privation de la lumière occasione chez la sensitive l'abolition des conditions de la motilité, et que l'exposition de cette plante à la lumière lui rend ces conditions perdues. Cette

perte des conditions de la motilité dans l'obscurité est fort rapide quand la température est très élevée, elle est beaucoup plus lente lorsque cette température offre un certain degré d'abaissement. En effet, nous avons vu qu'il n'a fallu que quatre à cinq jours d'absence de la lumière, par une température de + 20 à 25 degrés, pour abolir complètement la motilité d'une sensitive, tandis que, par une température de + 15 à 20 degrés il a fallu dix jours d'obscurité pour produire cette abolition ; et qu'il a fallu quinze jours d'obscurité pour produire ce même effet, lorsque la température était de + 10 à 15 degrés. La rapidité du retour des conditions de la motilité chez la sensitive qui les a perdues dans l'obscurité est en raison de l'intensité de la lumière à laquelle elle est soumise. Nous avons vu en effet qu'il ne faut que quelques heures d'exposition à la lumière directe du soleil pour réparer ces conditions perdues, tandis que pour produire le même effet il faut plusieurs jours d'exposition à la lumière diffuse du jour. Il résulte de ces expériences que la lumière, et spécialement la lumière solaire, est l'agent extérieur dans l'influence duquel les végétaux puisent le renouvellement des conditions de leur motilité. J'ignore en quoi consiste cette influence réparatrice, mais le fait de cette réparation est certain, comme l'est celui de l'abolition de ces conditions dans l'obscurité. Dans les expériences qui viennent d'être exposées, j'ai observé que les folioles ont perdu leur motilité avant les pétioles, et l'ont récupérée avant eux. J'ai observé de même que les

jeunes feuilles ont récupéré leur motilité avant les vieilles feuilles, et que, chez les unes comme chez les autres, les premiers indices de la motilité réparée se sont manifestés par les seuls phénomènes du sommeil et du réveil. Ces phénomènes de motilité vitale ont été pendant quelque temps les seuls qu'ait présentés la sensitive dont la motilité n'était pas encore entièrement récupérée. Il résulte de là qu'en privant une sensitive d'une portion des conditions de sa motilité, on la réduit au mode d'existence des végétaux vulgaires, c'est-à-dire qu'elle ne meut point ses feuilles sous l'influence des agents nervimoteurs mécaniques, bien qu'elle les meuve encore pour présenter les phénomènes du sommeil et du réveil. Il est enfin un état d'épuisement des conditions de la motilité qui, sans occasioner chez la sensitive la mort de la feuille, fait qu'elle demeure quelque temps dans un état d'immobilité parfaite, et qu'elle est incapable de *sommeil* et de *réveil* appréciables, comme le sont tant d'autres végétaux. Cela prouve que toutes les différences qui existent à cet égard entre les plantes dérivent seulement de ce qu'elles possèdent en quantité différente les conditions de la motilité, conditions dont la nature est encore inconnue. Ces conditions sont réparées chez les végétaux par la lumière solaire; par conséquent l'influence qu'exerce la lumière sur les végétaux est comparable à celle qu'exerce l'oxigénation respiratoire sur les animaux. On sait que chez ces derniers l'énergie de la motilité est généralement en raison de la quantité de la res-

piration, c'est-à-dire en raison de la quantité de l'oxigène absorbé; toute motilité cesse rapidement lorsque l'oxigénation du sang n'a plus lieu. Le genre de l'influence qu'exerce l'oxigénation des fluides sur l'énergie de la motilité animale est inconnu; le fait seul de cette influence est bien constaté. Il en est de même de l'influence qu'exerce la lumière solaire sur l'énergie de la motilité végétale; le genre de cette influence est inconnu, mais le fait de cette influence est constaté. Donc l'*insolation* est pour les végétaux ce que l'*oxigénation* est pour les animaux. Ce sont deux sortes de *vivification*, si je puis m'exprimer ainsi. Il résulte de ce rapprochement que l'*étiolement* des végétaux est un état analogue à celui de l'*asphyxie* des animaux; dans l'un comme dans l'autre il y a diminution ou abolition des conditions de la motilité, par cause de l'absence de l'agent extérieur qui sert à les entretenir. Ce rapprochement inattendu est encore fortifié par la considération suivante. On sait combien l'asphyxie est rapide chez les animaux *à sang chaud;* on sait combien elle est lente chez les animaux *à sang froid;* on sait enfin, par les expériences de M. Edwards, que chez ces derniers l'asphyxie peut être à volonté accélérée ou retardée, en augmentant ou en diminuant la température extérieure dans certaines limites. Or, chez la sensitive, nous observons le même phénomène. Nous voyons son *asphyxie* arriver promptement quand il fait chaud, et tardivement quand la température est plus basse. Tout concourt donc à prouver qu'une même fonc-

ion réparatrice de la motilité est exercée de deux manières différentes par les animaux et par les végétaux. Les premiers exercent cette fonction réparatrice au moyen de l'*oxigénation*, et les seconds au moyen de l'*insolation*. Il est à remarquer que ce sont là les deux causes les plus universelles de la production de la chaleur.

La conclusion définitive que nous tirerons de ces expériences est que la motilité de la sensitive dépend de trois conditions principales, 1° de l'existence d'une température plus élevée que le septième degré au-dessus de zéro, au thermomètre de Réaumur; 2° de l'influence de la lumière; 3° de la présence d'une sève suffisamment abondante. L'absence d'une seule de ces conditions suffit pour anéantir complètement la motilité de cette plante.

SECTION III.

DES DIRECTIONS SPÉCIALES QU'AFFECTENT LES DIVERSES PARTIES DES VÉGÉTAUX [1].

Les phénomènes les plus généraux de la nature, ceux qu'elle présente sans cesse à nos yeux, sont en général ceux que la plupart des hommes remarquent le moins. Celui qui n'a point appris à méditer sur les phénomènes naturels, a peine à se persuader, par exemple, qu'il existe un mystère profond dans l'ascension des tiges des végétaux, et dans la progression descendante de leurs racines. Ce phénomène, cependant, est un des plus curieux parmi ceux que nous offre la vie végétale. Le mouvement descendant des racines paraîtra facile à expliquer pour la plupart des esprits : elles tendent, dira-t-on, comme tous les autres corps, vers le centre de la terre, en vertu des lois connues de la pesanteur; mais comment expliquera-t-on l'ascension verticale des tiges, qui est en opposition manifeste avec ces lois ? C'est ici qu'ont échoué ceux qui ont tenté d'expliquer ce phéno-

[1] « Ce mémoire avait été présenté (à l'Académie royale des sciences) » pour le prix de physiologie, et l'Académie a dû regretter que ce prix » fût restreint dès cette année à la physiologie animale. » *Analyse des travaux de l'Académie royale des sciences pendant l'année* 1821, par M. le baron Cuvier.

ène. Dodart [1], le premier, à ce qu'il paraît, qui t recueilli quelques observations sur cet objet, rétend expliquer le retournement de la radicule et la plumule dans les graines semées *à contre sens*, ar l'hypothèse suivante : il admet que la racine est omposée de parties qui se contractent par l'effet de humidité, et que les parties de la tige, au contraire, contractent par l'effet de la sécheresse. Il doit en ésulter, selon lui, que, dans la graine semée à conre sens, la radicule tournée vers le ciel se contracte s'incline vers la terre, siége de l'humidité; tandis ue la plumule, au contraire, se contracte et se tourne u côté du ciel, ou plutôt de l'atmosphère, milieu lus sec ou moins humide que ne l'est la terre. On onnaît les expériences de Duhamel, et les tentatives u'il a faites pour contraindre des graines à pousser eur radicule en haut, et leur plumule en bas, en les nfermant dans des tubes qui ne permettaient pas le etournement de ces parties; ne pouvant obéir à leurs endances naturelles, la radicule et la plumule se ontournèrent en spirale. Ces expériences prouvent ue les tendances opposées de la radicule et de la plumule ne peuvent être interverties, mais elles nous aissent dans une ignorance complète de la cause à aquelle sont dues ces tendances. Nous ignorons de même la cause du retournement des feuilles. Bonnet [2] a cru pouvoir appliquer à l'explication de ce

[1] Sur la perpendicularité des tiges par rapport à l'horizon. *Mémoires de l'Académie des sciences*. 1700.

[2] *Recherches sur l'usage des feuilles*.

phénomène l'hypothèse imaginée par Dodart pour expliquer le retournement de la radicule et de la plumule dans les graines semées *à contre sens*. Selon ce naturaliste, la face inférieure des feuilles est, comme la radicule, composée de fibres qui se contractent à l'humidité, tandis que leur face supérieure est, comme la plumule, composée de fibres qui se contractent à la sécheresse. Cherchant à donner des preuves à ces assertions, Bonnet imagina de fabriquer des feuilles artificielles, dont la face supérieure était en parchemin, qui se contracte par l'effet de la sécheresse, et dont la face inférieure était en toile, dont les fils se raccourcissent par l'effet de l'humidité. Il soumit ces feuilles à la chaleur et à l'humidité, et crut voir qu'elles se comportaient à peu près comme de véritables feuilles. Ce que prouve le mieux cette étrange expérience, c'est le danger qu'il y a d'observer la nature avec des systèmes faits à l'avance, et dans l'intention de leur trouver des preuves.

Convaincus de l'insuffisance des hypothèses proposées pour expliquer les directions spéciales qu'affectent les diverses parties des végétaux, les physiologistes se bornent aujourd'hui à dire que ces directions spéciales sont des *phénomènes vitaux*. Mais cette assertion, dont au reste tout concourt à prouver la vérité; cette assertion, dis-je, ne nous apprend rien sur la cause de ces phénomènes. Il en est du phénomène de la direction opposée des tiges et des racines comme de la plupart des phénomènes que la nature offre à notre observation: rarement ils sont les effets d'une cause

unique; la plupart du temps plusieurs causes concourent à les produire. La tâche de l'observateur consiste à démêler des causes diverses, et à assigner la part que prend chacune d'elles dans la production du phénomène.

En voyant les tiges se diriger constamment vers le ciel, et les racines se diriger toujours vers la terre, on peut penser qu'il existe un certain rapport entre la cause de la gravitation et celle de la vie végétale; la direction également constante des tiges vers la lumière peut aussi porter à penser que cet agent est pour les végétaux une cause de direction spéciale. Les tiges pour se développer ont besoin d'être placées dans le sein de l'atmosphère; les racines au contraire ont besoin de se trouver dans le sein de la terre : existerait-il une tendance entre l'atmosphère et la tige, entre la terre humide et la racine, tendance de laquelle résulterait l'ascension de la tige, et le mouvement descendant de la racine? C'est à l'observation à éclaircir nos doutes sur ces différents objets.

J'ai rempli de terre une boîte dont le fond était percé de plusieurs trous; j'ai placé des graines de haricot (*phaseolus vulgaris*) dans ces trous, et j'ai suspendu la boîte en plein air à une élévation de six mètres. De cette manière les graines, placées dans les trous pratiqués à la face inférieure de la boîte, recevaient de bas en haut l'influence de l'atmosphère et de la lumière : la terre humide se trouvait placée au-dessus d'elles. Si la cause de la direction de la plumule et de la radicule existait dans une tendance de ces parties pour la terre humide et pour l'atmosphère, on

devait voir la radicule monter dans la terre placée au-dessus d'elle, et la tige au contraire descendre vers l'atmosphère placée au-dessous; c'est ce qui n'eut point lieu. Les radicules des graines descendirent dans l'atmosphère, où elles se desséchèrent bientôt; les plumules, au contraire, se dirigèrent en haut dans l'intérieur de la terre. Je plaçai verticalement en haut la pointe de la radicule de quelques unes de ces graines germées, en les enfonçant dans les trous dont il vient d'être question; ces radicules, au lieu de se diriger vers la masse de terre humide placée au-dessus d'elles, se courbèrent en bas. Je voulus voir si une grande masse de terre, placée au-dessus des graines, exercerait plus d'influence sur la direction de leurs radicules. Je fixai donc des graines de haricot au plancher d'une excavation qui était recouverte d'environ six mètres de terre, et je les y maintins dans de la terre humide par des moyens appropriés. Les résultats de cette seconde expérience ne furent point différents de ceux de la première.

Ces expériences prouvent que ce n'est point vers la terre humide que se dirige la radicule, et que ce n'est point vers l'atmosphère que se dirige la plumule. Ces deux parties se dirigent toujours l'une vers le centre de la terre, l'autre dans une direction opposée. Quoiqu'il paraisse résulter des expériences précédentes que la radicule des embryons séminaux ne possède aucune tendance spéciale vers les corps humides, on pourrait cependant penser que, dans les expériences dont il s'agit, la tendance de la radicule

vers le centre de la terre étant plus forte que la tendance supposée de cette même radicule vers les corps humides, cette dernière tendance n'aurait pas pu se manifester. J'ai vu évanouir ce soupçon par l'expérience suivante : j'ai suspendu dans un bocal une petite soucoupe que j'ai remplie d'eau, et dans laquelle j'ai placé une éponge taillée et placée de manière à présenter une face plane verticale; ensuite, au moyen d'un fil de fer fixé au couvercle du bocal, j'ai suspendu dans l'intérieur de ce dernier une fève nouvellement germée, ayant soin de placer la radicule aussi près qu'il était possible de la face verticale de l'éponge sans la toucher. De cette manière le corps humide était placé latéralement par rapport à la radicule, et comme il n'y avait point d'eau au fond du bocal, et que la face verticale de l'éponge dépassait un peu le bord de la soucoupe qui la contenait, il en résultait que la radicule, si elle avait une tendance vers l'humidité, devait se courber latéralement pour se diriger vers l'éponge qui l'avoisinait; car il n'y avait point d'eau ni de corps humide de tout autre côté. Au reste, l'air de l'intérieur du bocal se trouvant saturé d'eau, et la radicule étant extrêmement rapprochée de l'éponge mouillée, cela non seulement empêchait cette radicule de se flétrir, mais fournissait à son absorption une quantité d'eau suffisante pour suffire à son développement et même à la production de nouvelles racines latérales. Cette expérience donna les résultats suivants : la radicule ne manifesta aucune tendance vers l'éponge imbibée d'eau; les racines la-

térales qu'elle produisit du côté de l'éponge pénétrèrent dans les cellules de cette dernière; mais les autres racines latérales qui prirent naissance dans les autres points de la surface de la radicule ne manifestèrent aucune tendance vers l'éponge, quoique plusieurs de ces racines latérales prissent leur origine très près de ce corps mouillé. Il résulte de ces diverses expériences que les racines n'ont aucune tendance vers les corps humides, et que, par conséquent, cette cause n'est point une de celles qui déterminent la direction des racines vers la terre. Il est probable que les tiges n'ont pas plus de tendance spéciale vers l'air atmosphérique, que les racines n'en ont vers l'eau, mais on ne peut guère s'en assurer par l'expérience.

Tous les végétaux ne sont pas destinés par la nature à plonger leurs racines dans la terre; les végétaux parasites enfoncent leurs racines dans la substance d'autres végétaux : les radicules de leurs embryons se dirigent-elles aussi vers le centre de la terre? L'observation de la germination de la graine du gui résout cette question par la négative. On sait depuis long-temps que la graine du gui germe dans toutes les directions. Le premier développement de l'embryon de cette graine consiste dans une *élongation caulinaire* de sa tige, qui puise la matière de cet accroissement dans la substance des cotylédons, auxquels elle aboutit par l'une de ses extrémités, et qui est terminée à son autre extrémité par un petit renflement d'un vert moins foncé qui est la radicule. Lorsque la graine est fixée sur une branche d'arbre

au moyen de sa glu naturelle, on voit la tige de l'embryon se courber pour diriger la radicule dans un sens perpendiculaire à la surface de la branche; car cette radicule elle-même, qui ne consiste qu'en un petit corps hémisphérique, ne subit ordinairement aucune inflexion. Lorsque la radicule touche la surface de la branche, elle s'épanouit dessus en une sorte de disque, résultat de l'aplatissement du tubercule hémisphérique qui la constituait. C'est de la partie de ce disque qui est collée sur la branche que sortent les racines qui vont puiser leur nourriture dans la substance de la branche qui porte cette plante parasite. Quelle que soit la place qu'occupe la graine du gui sur la branche d'un arbre, l'embryon dirige constamment sa radicule vers le centre de cette branche; en sorte que cette radicule est, suivant la position de la graine, tantôt descendante, tantôt ascendante, tantôt dirigée horizontalement, etc. Existe-t-il dans cette circonstance une tendance de la radicule vers les parties vivantes du végétal dans lequel elle doit s'implanter? Pour éclaircir ce doute, j'ai fixé des graines de gui sur du bois mort, sur des pierres, sur des corps métalliques, sur du verre, etc., toujours j'ai vu la radicule prendre une direction perpendiculaire au plan sur lequel la graine était collée. Je fixai un grand nombre de graines de gui sur la surface d'un gros boulet de fer; toutes les radicules se dirigèrent vers le centre du boulet. Ces faits prouvent que ce n'est point vers un milieu propre à sa nutrition que l'embryon du gui dirige sa radicule, mais

que celle-ci obéit à l'attraction des corps sur lesquels la graine est fixée, quelle que soit leur nature. Ainsi, les radicules des végétaux *terrestres* obéissent à l'attraction de la terre, tandis que la radicule du gui *parasite* obéit à l'attraction particulière des corps. Les tiges des végétaux *terrestres* se dirigent dans le sens opposé à celui de l'attraction du globe, et s'élèvent ainsi au-dessus du sol, auquel elles deviennent perpendiculaires; la tige du gui affecte toujours une direction perpendiculaire à celle de la branche sur laquelle elle est implantée; en sorte qu'elle est descendante lorsque l'implantation a lieu à la face inférieure de la branche, ascendante lorsque cette implantation est faite à la face supérieure, etc.; elle se dirige constamment dans un sens opposé à celui de l'attraction de la branche. Ainsi, l'embryon du gui se comporte, par rapport à la branche qui le nourrit, comme les embryons *terrestres* se comportent par rapport à la terre. Ces deux phénomènes, différents au premier coup d'œil, se trouvent, au moyen de cette analyse, être du même genre. Les moisissures nous offrent encore un exemple remarquable de la perpendicularité des tiges par rapport aux corps sur lesquels elles sont fixées, et de l'absence de cette même perpendicularité par rapport à la terre. Spallanzani a noté une partie de ce phénomène dans ses observations sur l'origine des moisissures, mais il ne l'a point aperçu dans son entier; il n'a point vu que les moisissures affectent constamment une direction perpendiculaire à celle de la surface sur laquelle elles

sont implantées. J'ai observé ce fait chez les moisissures *aquatiques* comme chez les moisissures *aériennes*. Les poils des végétaux se comportent à cet égard comme les moisissures, c'est-à-dire qu'ils sont toujours perpendiculaires à leur *surface d'implantation*. Il paraît que l'extrême ténuité de ces productions végétales les soumet spécialement à l'influence de l'attraction particulière des corps sur lesquels elles sont implantées, et les soustrait à l'influence de l'attraction du globe terrestre. C'est ainsi que nous voyons les corps réduits en poussière fine adhérer aux corps les plus polis, et manifester par là qu'ils obéissent à l'attraction particulière de ces corps, de préférence à l'attraction du globe terrestre. La tendance des racines et des tiges, les unes dans le sens de la pesanteur, les autres dans le sens diamétralement opposé, ne se remarque d'une manière spéciale que dans les *caudex* ascendants et descendants, c'est-à-dire dans l'axe du végétal considéré dans son entier. Les productions latérales de cet axe prennent toujours une direction plus ou moins différente. On sait que les branches qui naissent aux parties latérales de la tige principale, ainsi que les racines qui sont produites latéralement par la racine pivotante, n'affectent point ordinairement une direction parfaitement verticale. Plusieurs causes influent sur la direction quelquefois parfaitement horizontale qu'elles prennent : nous tâcherons d'exposer ces causes diverses; l'une d'entre elles est indubitablement la tendance générale qu'ont toutes les parties végétantes à

affecter une direction perpendiculaire à leur surface particulière d'implantation. La branche latérale et la racine latérale se comportent comme le gui par rapport à la branche sur laquelle il est implanté; la tige principale et la racine pivotante sont des surfaces particulières d'implantation auxquelles les branches et les racines latérales tendent à devenir perpendiculaires : mais comme cette tendance est combinée avec les tendances générales qui portent les tiges en haut et les racines en bas, il en résulte ordinairement une direction moyenne, en sorte que les branches et les racines font, avec l'axe vertical du végétal, un angle plus ou moins ouvert. En faisant germer et développer des graines dans de l'eau ou dans de la mousse humide, on est à même de voir que les racines latérales n'ont qu'une faible tendance vers le centre de la terre. On voit de ces racines latérales, longues d'un ou de deux centimètres, qui sont dirigées dans une horizontalité parfaite; j'en ai même vu quelques unes qui étaient tout-à-fait ascendantes : ce n'est que lorsqu'elles ont acquis une certaine longueur qu'elles commencent à se diriger en bas; elles sont en cela bien différentes de la radicule pivotante, qui, dès qu'elle commence à se manifester, tend vers le centre de la terre avec une énergie et une constance qu'il est impossible de vaincre. On peut faire, sur les branches, des observations semblables. J'ai vu des branches de chêne nées à la surface inférieure de grosses branches horizontales se diriger verticalement en bas jusqu'à ce qu'elles eussent acquis environ la longueur

d'un décimètre; alors seulement elles commencèrent à relever leur extrémité végétante vers le ciel. Dans beaucoup d'arbres, les branches latérales végètent dans une horizontalité plus ou moins parfaite; cette horizontalité qui, dans la branche naissante, paraît due à la tendance que possède cette branche à se disposer perpendiculairement à sa surface d'implantation, qui est ici la surface de la tige verticale, cette horizontalité, dis-je, est due à d'autres causes lorsque la branche a acquis une certaine longueur. Son poids l'entraîne vers la terre, et les branches supérieures qui s'étendent au-dessus d'elle, de même dans le sens horizontal, l'empêchent de se dresser vers le ciel. Ces deux causes tendent à maintenir son horizontalité, qui est encore entretenue par l'action de la lumière, que les extrémités végétantes des branches horizontales ne reçoivent que latéralement.

L'influence que les tiges, considérées comme surfaces d'implantation, exercent sur la perpendicularité des branches auxquelles elles donnent naissance paraît ne s'étendre qu'à une très petite distance; elle paraît même quelquefois proportionnelle à la masse de ces tiges: je dis *quelquefois*, car il s'en faut beaucoup que cette règle puisse être donnée comme générale. Cependant il est un fait qui tend à prouver qu'elle n'est pas sans fondement. Nous avons vu plus haut que la graine du gui tend constamment à implanter sa radicule perpendiculairement à la surface de la branche, ou plus généralement du corps sur lequel elle est fixée; or, j'ai observé que sa ra-

dicule ne se dirige point vers ce corps lorsqu'il est trop délié, ou lorsqu'elle en est trop éloignée. Une distance de cinq à six millimètres suffit pour anéantir toute tendance de la radicule du gui vers les corps qui l'avoisinent. Il suffit encore, pour anéantir cette tendance, de fixer la graine du gui sur des corps filiformes qui aient moins d'un millimètre de diamètre; dans ces deux circonstances, la radicule ne se dirige point vers le corps qui porte ou qui avoisine la graine, elle prend une direction particulière, ainsi que je l'exposerai plus bas. Nous venons de voir, par l'exemple des moisissures et des poils des végétaux, que l'extrême ténuité de ces productions végétales les soumet spécialement à l'attraction particulière des corps, comme cela a lieu pour les corps inorganiques. Ces faits prouvent que l'influence des surfaces d'implantation pour déterminer la direction perpendiculaire des productions végétales est en rapport avec l'étendue de ces surfaces; ils prouvent en même temps que cette influence est en rapport avec la distance qui existe entre ces surfaces et les productions végétales qui leur deviennent perpendiculaires.

Les faits qui viennent d'être exposés prouvent que la cause inconnue de l'attraction générale agit sur les végétaux comme cause de direction spéciale, mais ils prouvent en même temps qu'il s'en faut beaucoup que cette cause agisse sur les végétaux comme elle agit sur les corps inertes. Chez ces derniers, elle produit constamment la tendance vers le centre de gravité; chez les êtres vivants végétaux, elle ne produit

cette tendance que pour les racines; elle détermine une tendance opposée dans les tiges. Ce phénomène, en apparence paradoxal, peut faire soupçonner que la cause de la gravitation n'est point la cause *immédiate* de la direction des tiges et des racines, mais qu'elle en est seulement la cause *éloignée* ou *occasionelle;* pour éclaircir ce doute, j'ai fait l'expérience suivante. J'ai pris une graine de gui, que j'avais fait préalablement germer suspendue à un fil délié, d'où il était résulté que la tige de l'embryon s'était développée sans que la radicule hémisphérique qui la terminait eût manifesté aucune tendance à se fixer. J'ai collé cette graine germée à l'une des extrémités d'une aiguille de cuivre construite comme une aiguille de boussole et suspendue de même sur un pivot; une petite boule de cire placée à l'autre extrémité de l'aiguille formait contre-poids. Les choses étant ainsi disposées, j'ai approché latéralement de la radicule une petite planche de bois que j'ai placée à un millimètre environ de distance de la radicule. J'ai ensuite couvert cet appareil d'un récipient de verre, afin qu'aucune cause extérieure ne pût faire mouvoir l'aiguille sur son pivot. Au bout de cinq jours j'ai vu la tige de l'embryon se fléchir et diriger la radicule vers la petite planche qui l'avoisinait, et cela sans que l'aiguille eût changé de position, quoiqu'elle fût extrêmement mobile sur son pivot. Deux jours après, la radicule était dirigée perpendiculairement vers la planche, avec laquelle elle s'était mise en contact; et cependant l'aiguille, qui

portait la graine, n'avait point varié dans sa direction. Cette expérience est fort délicate, et demande, pour réussir, des précautions particulières. Il faut que l'appareil soit mis à l'ombre, car si le récipient était échauffé par les rayons du soleil, il communiquerait à l'air qu'il contient un mouvement qui se ferait sentir à l'aiguille; il faut que cette expérience soit faite par un temps chaud, car la germination de la graine du gui ne s'opère qu'avec une extrême lenteur lorsque le thermomètre de Réaumur n'est pas au moins à quinze degrés au-dessus de zéro. Comme il est facile de trouver des graines de gui mûres de l'année précédente jusque vers le milieu de l'été, j'ai pu faire l'expérience dont il s'agit pendant les jours les plus chauds de cette saison. Malgré ces précautions, mon expérience a quelquefois été dérangée par une autre cause. La glu qui enveloppe la graine est fort hygrométrique; l'eau qu'elle absorbe de l'atmosphère ou qu'elle lui livre augmente ou diminue son poids, en sorte que, suspendue à l'une des pointes d'une aiguille mobile, elle fait éprouver à cette dernière des mouvements de bascule qui peuvent un peu déranger sa direction; aussi m'a-t-il fallu répéter plusieurs fois l'expérience pour la voir réussir à souhait.

Cette expérience prouve que la direction de la radicule du gui vers les corps qui l'avoisinent n'est point le résultat immédiat de l'attraction exercée sur elle par ces corps, mais qu'elle est le résultat d'un mouvement spontané exécuté par l'embryon, à l'occasion de l'attraction exercée sur sa radicule, attrac-

tion qui n'est ainsi que la cause médiate ou occasionelle du phénomène. Il est facile, en effet, de comprendre que l'inflexion de la tige de l'embryon du gui ne peut être due à l'action immédiate exercée sur la radicule par l'attraction de la petite planche de bois, car une force extérieure capable d'opérer cette inflexion eût opéré avec bien plus de facilité un changement dans la direction de l'aiguille à l'une des pointes de laquelle la graine était fixée. Il n'y a donc point de doute que ce mouvement ne soit *spontané*, c'est-à-dire qu'il ne soit dû à une cause intérieure et vitale mise en jeu par l'influence d'un agent extérieur. Cette spontanéité de la direction de la radicule du gui sous l'influence de l'attraction prouve d'une manière incontestable que cette attraction n'a agi que sur la nervimotilité du végétal, et point du tout sur sa matière pondérable. Il en est indubitablement de même pour les végétaux *terrestres*. La cause inconnue de l'attraction n'est que la cause occasionelle du mouvement descendant des racines et de l'ascension des tiges; elle n'en est point la cause immédiate; elle agit, dans cette circonstance, comme agent nervimoteur. Nous verrons plus bas de nouvelles preuves de la généralité de ce fait important en physiologie, savoir, que les mouvements visibles des végétaux sont tous des mouvements *spontanés*, exécutés à l'occasion de l'influence d'un agent extérieur, et non des mouvements *imprimés* par cet agent.

La lumière est pour les végétaux une cause de direction spéciale non moins énergique que celle dont

nous venons d'observer l'influence. On sait qu'une plante renfermée dans un appartement qui ne reçoit la lumière que par une seule ouverture dirige constamment vers cette ouverture sa tige, qui cesse d'affecter une position perpendiculaire à l'horizon. Nul doute que cette tendance des tiges vers la lumière n'ait également lieu en plein air. La lumière affluant de toutes parts, à peu près en égale quantité par la réflexion des nuages et de l'atmosphère, doit déterminer l'ascension des tiges vers le ciel; elle est en cela l'auxiliaire de la cause de la gravitation. On pourrait même penser que la tendance vers la lumière serait la cause unique de l'ascension des tiges et de leur position verticale, si l'expérience ne prouvait le contraire. J'ai couché sur le sol, dans un endroit sec et parfaitement obscur, des tiges d'*allium cepa* et d'*allium porrum*, arrachées avec leurs bulbes; on sait que ces plantes, quoique déracinées, continuent long-temps à vivre : ces tiges se courbèrent dans une portion de leur longueur, et leur partie supérieure se dirigea vers le ciel. Je n'obtins ce résultat qu'au bout de dix jours, tandis qu'il ne me fallut que trois jours pour l'obtenir en répétant la même expérience en plein air. L'absence de la lumière, dans la première expérience, ne permet d'attribuer le redressement de la tige qu'à la cause de la gravitation, seule cause connue qui agisse dans le sens perpendiculaire à l'horizon; cependant on pourrait peut-être penser que l'humidité agirait ici pour rendre convexe le côté de la tige en contact avec le

sol, et déterminer ainsi la flexion de la tige vers le haut. J'ai déjà dit que le lieu où se faisait cette expérience était fort sec, ainsi il n'était pas probable que le redressement de la tige fût dû à la cause que je viens d'indiquer; cependant, pour dissiper tous les doutes à cet égard, j'ai répété l'expérience en couchant une tige d'*allium porrum* dans une auge qui contenait assez d'eau pour couvrir entièrement cette tige retenue au fond. Ici l'influence de l'humidité devenait nulle, par cela même qu'elle s'exerçait simultanément sur toutes les parties de la tige : celle-ci ne laissa pas de se dresser vers le ciel. Je voulus voir si la spathe remplie de fleurs qui terminait cette tige avait quelque influence sur son redressement : je l'enlevai; et la tige à laquelle j'avais fait cette amputation ne laissa pas de se redresser. Je variai l'expérience : ayant couché la tige et l'ayant courbée en arc, je la fixai solidement au sol en deux points de son étendue. L'arc couché sur le sol se redressa et tourna sa convexité vers le ciel. Cette expérience me réussit également bien en plein air et dans l'obscurité; seulement il fallut, dans ce dernier cas, un temps beaucoup plus long. Ces expériences prouvent que le redressement des tiges vers le ciel est dû simultanément à l'influence de la cause de la gravitation et à l'influence de la lumière. Ce n'est point seulement par leur partie supérieure que les tiges tendent vers le ciel ou vers la lumière. Bonnet a prouvé cette vérité par des expériences que j'ai répétées, et qui m'ont donné des résultats semblables à ceux qu'il a obtenus.

J'ai enfoncé le sommet d'une tige, encore jeune, de *mercurialis annua* dans l'ouverture d'une fiole remplie d'eau, et placée verticalement; puis, fléchissant la partie inférieure de cette tige vers la terre, je l'ai maintenue dans cette flexion avec une ligature fixée au col de la fiole. La portion de tige ainsi fléchie était dépourvue de feuilles; exposée à l'influence de la lumière, cette plante ne tarda pas à dresser vers le ciel sa portion libre, qui était la partie inférieure de la tige. Ainsi ce n'est point seulement par lèur sommet que les tiges tendent vers le ciel; nous verrons bientôt que cette tendance se manifeste dans toutes leurs parties mobiles lorsqu'elles sont colorées.

Les tiges se dirigent quelquefois vers la terre, dans laquelle elles tendent à s'enfoncer comme des racines. Ce phénomène mérite une attention toute particulière, tant pour lui-même que par rapport aux circonstances qui l'accompagnent et qui le déterminent. Beaucoup de végétaux, outre leurs tiges aériennes, possèdent des tiges souterraines, ainsi que je l'ai fait voir dans mes *Recherches sur l'accroissement et la reproduction des végétaux* [1]. Ces tiges souterraines rampent horizontalement dans l'intérieur de la terre, sans manifester aucune tendance vers le ciel; elles sont blanches comme les racines dont elles affectent la direction et dont elles habitent le séjour. Quelquefois cependant elles sont de couleur de rose, comme cela s'observe, par exemple, chez le *sparganium*

[1] *Mémoire du Muséum d'histoire naturelle*, tome 8, page 29.

erectum; mais alors c'est l'épiderme qui se trouve coloré et non le parenchyme subjacent. Lorsque la pointe de ces tiges souterraines approche de la surface du sol, elle verdit, et dès lors elle tend vers le ciel. Pourquoi cette tendance, qui était nulle dans la tige blanche ou plutôt décolorée, se manifeste-t-elle dans cette même tige lorsqu'elle vient à verdir? Y aurait-il donc un rapport secret entre la coloration des parties des végétaux et les tendances diverses qu'elles affectent? L'observation va nous éclairer sur ce mystère.

En général, les tiges se dirigent vers la lumière, ce qui coïncide avec leur coloration, presque toujours en vert; les racines n'affectent ordinairement aucune direction vers la lumière, ce qui coïncide avec leur défaut de coloration. La couleur des racines n'est autre, en effet, que celle du tissu végétal décoloré; leur blancheur ne saurait être comparée au blanc mat que présentent les pétales de plusieurs végétaux, et qui est dû à la présence d'une matière colorante blanche. La lumière, principale mais non pas seule cause de la coloration des tiges et de leurs organes, ne possède aucun pouvoir pour colorer les racines, ainsi qu'on peut s'en assurer en faisant développer les racines d'une plante dans l'eau contenue dans un bocal de verre; malgré l'influence de la lumière elles restent constamment incolores; ceci ne tient point à leur immersion dans l'eau, car les feuilles des végétaux aquatiques sont colorées malgré leur submersion. En général, les racines ne possèdent aucune tendance vers la lumière, mais cette tendance se manifeste lorsque

le bourgeon terminal d'une racine acquiert une teinte légèrement verdâtre, comme cela arrive quelquefois. J'avais fait germer des graines de *mirabilis jalappa* dans de la mousse humide, et je remarquai que les radicules, déjà de la longueur du doigt, étaient terminées par un bourgeon de couleur légèrement verdâtre. Je voulus voir si ces racines dirigeraient leur pointe vers la lumière. A cet effet je les plaçai dans un bocal de verre rempli d'eau et dont le couvercle de bois était percé de trous pour recevoir les racines et fixer les graines. J'enveloppai le bocal avec une étoffe noire; en laissant seulement une fente verticale de peu de largeur, par laquelle la lumière parvenait dans l'intérieur du bocal. Je dirigeai cette fente vers la lumière du soleil; quelques heures après, je vis que toutes mes racines en expérience avaient courbé leur pointe en crochet, pour la diriger vers la fente qui leur transmettait la lumière. Je fis la même expérience avec d'autres racines dont le bourgeon terminal n'était point verdâtre, elles demeurèrent immobiles. D'après cette expérience, il est évident que la coloration est une des conditions qui déterminent la tendance de parties des végétaux vers la lumière, et par conséquent vers le ciel. Cela est si vrai que, lorsqu'elles sont décolorées, les tiges naissantes se dirigent vers la terre. J'ai observé ce fait curieux chez plusieurs plantes aquatiques, et notamment chez le *sagittaria sagittifolia*. Des tiges naissent des bourgeons situés dans les aisselles des feuilles toutes radicales de cette plante, qui, comme on sait, croît au fond

des eaux. Ces bourgeons ont leur pointe dirigée vers le ciel, comme cela a lieu chez tous les végétaux. Les jeunes tiges qui naissent de ces bourgeons sont entièrement décolorées comme des racines; aussi, au lieu de se diriger vers le ciel, comme le font les tiges colorées, elles se courbent et dirigent leur pointe verticalement vers le centre de la terre; se comportant dans ce retournement comme la radicule d'une graine semée à contre sens. Pour parvenir à prendre cette position, la jeune tige perce de vive force toute l'épaisseur du pétiole engaînant de la feuille dans l'aisselle de laquelle elle a pris naissance, surmontant ainsi l'obstacle mécanique qui s'oppose à sa tendance vers la terre. Cette tige souterraine, munie de feuilles décolorées comme elle, se plonge dans la vase, où bientôt sa progression devient horizontale; ce n'est que lorsqu'elle a acquis une certaine longueur que son bourgeon terminal commence à acquérir une couleur verte; dès lors elle devient ascendante et sort de la vase, elle devient tige aérienne. Les racines offrent quelquefois un phénomène analogue quoique inverse. On sait que plusieurs végétaux produisent des racines sur différentes parties de leur tige : lorsque ces racines aériennes sont incolores, elles se dirigent toujours vers le centre de la terre; mais lorsqu'elles ont une couleur verte elles recourbent leur pointe et la dirigent vers le ciel. J'ai observé ce dernier phénomène chez le *pothos crassinervia* et chez le *cactus phyllanthus*. Ainsi, ce n'est point en leur qualité de tiges que les tiges se dirigent vers le ciel, c'est parcequ'elles

ont un parenchyme coloré; et ce n'est point en leur qualité de racines que les racines descendent vers la terre, c'est parceque leur parenchyme est incolore. Au reste, en indiquant la présence ou l'absence de la coloration du parenchyme superficiel comme la cause de la différence de la direction des tiges et des racines, je ne fais qu'indiquer une condition générale de l'organisation végétale qui accompagne constamment cette différence de direction. Nous reviendrons plus bas sur cette coïncidence de phénomènes. Les racines des végétaux *terrestres*, ainsi que nous venons de le voir, se dirigent vers la lumière lorsque leur parenchyme est coloré; elles n'affectent aucune tendance ni vers la lumière, ni dans le sens opposé, lorsque leur parenchyme est incolore. La radicule de l'embryon du gui offre à cet égard un phénomène tout particulier. Cette radicule, qui est d'un verd bien moins foncé que celui de la tige de l'embryon, au lieu de se diriger vers la lumière comme cela semblerait devoir être, en sa qualité de partie verte, se dirige au contraire constamment en sens inverse, comme si elle était repoussée par la lumière. Pour être témoin de ce phénomène, il faut, dans l'intérieur d'un appartement, et vis-à-vis d'une fenêtre, tendre un fil sur lequel on collera des graines de gui, au moyen de leur glu naturelle. Ces graines, si le temps est chaud, ne tarderont point à germer, et l'on verra toutes les radicules se diriger vers le fond de l'appartement. Cette tendance à fuir la lumière est ici la seule à laquelle obéit la radicule de l'embryon du gui,

parceque le fil délié sur lequel la graine est fixée n'exerce pas sur cette radicule une attraction assez puissante pour la déterminer à se diriger vers lui. Plus on approche de la fenêtre le fil qui porte les graines, plus la tendance de la radicule à fuir la lumière devient énergique. J'ai collé plusieurs de ces graines sur les carreaux de vitre en dedans de l'appartement; toutes les radicules se sont dirigées vers le fond de cet appartement, obéissant ainsi à leur tendance à fuir la lumière, de préférence à la tendance qui, dans toute autre position, les eût portées vers la surface du carreau sur lequel elles étaient fixées. J'avais en même temps collé un pareil nombre de ces graines en dehors, sur la face opposée du même carreau de vitre; toutes les radicules se dirigèrent vers la surface de ce carreau, obéissant ainsi aux deux tendances qui les sollicitaient dans le même sens, c'est-à-dire à la tendance à fuir la lumière et à la tendance à obéir à l'attraction du corps sur lequel elles étaient fixées. J'ai retourné quelques unes de ces graines, et je les ai placées en sens inverse de celui qu'elles avaient pris naturellement: les graines, de l'intérieur dont j'avais dirigé les radicules vers le carreau de vitre, ne tardèrent point à ramener ces mêmes radicules vers l'intérieur de l'appartement; les graines de l'extérieur dont j'avais dirigé les radicules vers les objets du dehors, ramenèrent en même temps ces mêmes radicules vers la surface du carreau de vitre. La lumière directe ne possède pas seule le pouvoir de déterminer le mouvement rétrograde de la radicule de gui; la lumière réfléchie par les objets

terrestres produit le même effet : je m'en suis assuré par l'expérience suivante : j'ai pris un tube de bois fermé à l'un de ses bouts par une lame de verre, et recouvert à l'autre bout par un couvercle de bois fermant exactement; j'ai collé plusieurs graines de gui sur la face intérieure de la lame de verre, et j'ai suspendu le tube verticalement sous l'abri du toit d'une fenêtre en mansarde, et de manière à ce que l'extrémité de ce tube qui était fermée par la lame de verre fût en bas : ainsi l'intérieur du tube n'était éclairé que par la lumière que réfléchissaient les objets terrestres. Les radicules des graines de gui mises en expérience se dirigèrent toutes verticalement vers le ciel, fuyant ainsi la lumière qui leur arrivait de bas en haut. Il était intéressant de savoir si cette tendance singulière de la radicule du gui était le résultat d'une répulsion exercée sur elle par la lumière. Je pris une graine de gui que j'avais fait préalablement germer sur un fil et vis-à-vis de la lumière. Cette graine portait deux embryons dont les radicules étaient fléchies du même côté. Je fixai cette graine à l'une des extrémités de l'aiguille de cuivre qui m'avait déjà servi dans une expérience rapportée plus haut, aiguille qui se suspend sur un pivot à la manière des aiguilles de boussole; je couvris d'un récipient de verre cet appareil que je plaçai auprès d'une fenêtre que n'éclairaient point les rayons directs du soleil, et j'eus soin de diriger les deux radicules vers la lumière. Au bout de quelques jours, ces deux radicules changèrent de direction, et se dirigèrent vers le fond de l'appar-

tement, sans faire éprouver aucun changement à la direction de l'aiguille. Cette expérience me prouva que la radicule du gui fuit la lumière par un mouvement spontané, et non par l'effet d'une répulsion qui serait exercée sur elle; car une force extérieure qui serait capable de fléchir la tige de l'embryon du gui serait bien plus que suffisante pour opérer un changement de direction dans l'aiguille extrêmement mobile qui portait cet embryon. Il résulte de ces expériences et de celles qui ont été rapportées plus haut que la radicule de l'embryon du gui affecte deux tendances spontanées à l'occasion de l'influence de deux agents nervimoteurs différents. Le premier de ces agents, qui est l'attraction particulière des corps, est la cause occasionelle de la tendance spontanée de cette radicule vers ces mêmes corps; le second de ces agents, qui est la lumière, est la cause occasionelle de la tendance spontanée que manifeste cette radicule à fuir cette lumière elle-même.

Pour compléter mes observations sur la graine du gui, il me restait à observer la tendance qu'affecterait la radicule dans l'obscurité, la graine étant fixée sur un fil, et par conséquent soustraite à l'influence de l'attraction particulière des corps. Les expériences que j'ai faites à cet égard ne m'ont rien appris de bien positif; j'ai vu, dans cette circonstance, la radicule affecter toutes sortes de directions; cependant j'ai observé que très rarement la radicule s'est dirigée vers la terre; un peu plus souvent sa direction a été horizontale, ou inclinée diversement à

l'horizon; dans le plus grand nombre des cas, la radicule a été ascendante. Le seul fait bien certain qui résulte de ces observations, c'est que la radicule du gui ne possède aucune tendance vers le centre de la terre, comme cela a lieu chez la radicule des végétaux *terrestres*. On peut tirer de là cette conclusion vraiment paradoxale, que la radicule du gui, qui obéit à l'attraction particulière des corps, n'obéit point du tout à l'attraction du globe terrestre; attraction qui n'est cependant que la somme des attractions particulières exercées par les corps dont le globe est composé.

Dans les observations que je viens de rapporter sur la graine du gui, je n'ai point parlé de la direction de la plumule, parceque ce n'est qu'un an après la germination qu'elle se développe; il ne se manifeste d'abord du caudex ascendant de l'embryon du gui que la portion de la tige qui est comprise entre l'insertion des cotylédons et l'origine de la radicule. La plumule, située entre les cotylédons, reste pendant la première année à l'état rudimentaire, et ne prend ainsi aucune direction particulière pendant la germination; les cotylédons eux-mêmes, fixés sur les corps au moyen de la glu qui les environne, n'ont aucune liberté pour prendre une direction quelconque; ce n'est que dans le printemps de la seconde année que les cotylédons desséchés se détachent de la tige qui commence à développer ses premières feuilles.

Les végétaux offrent un autre phénomène de direction spéciale qui a beaucoup occupé les observateurs de la nature: je veux parler de la direction

constante de la face supérieure des feuilles vers le ciel, et de leur face inférieure vers la terre. Lorsqu'on renverse une feuille, et qu'on maintient la face inférieure dirigée vers le ciel, il s'opère, soit dans le corps de la feuille, soit dans son pétiole, une torsion au moyen de laquelle la face inférieure est ramenée vers la terre, et la face supérieure vers le ciel. Bonnet [1] a fait beaucoup de recherches sur ce phénomène qu'il a cru pouvoir expliquer par l'influence qu'exercerait, sur la face inférieure des feuilles, l'humidité qui s'élève de la terre; mais cette tendance de la face inférieure des feuilles vers l'humidité ne peut être admise, puisque le retournement de ces organes a lieu dans l'eau comme dans l'air. Cette expérience est due à Bonnet lui-même, et il est bien singulier qu'il n'ait pas vu qu'elle renversait sa théorie. Au reste, c'est faute d'avoir observé le phénomène de la direction des feuilles dans toute sa généralité que Bonnet a affirmé que la face des feuilles appelée *supérieure* se dirige constamment vers le ciel, et la face opposée vers la terre; il existe à cet égard des exceptions fort remarquables : il y a presque toujours une différence sensible d'organisation entre la face supérieure et la face inférieure des feuilles, la face supérieure est presque toujours plus colorée que ne l'est la face inférieure, qui est ordinairement d'un vert blanchâtre. Cette différence de la coloration des deux faces de la feuille coïncide constamment avec la dif-

[1] *Recherches sur l'usage des feuilles.*

férence de la direction de ces faces ; la face la plus colorée se dirige toujours vers la lumière, ou plus généralement vers le ciel ; la face qui a le moins de coloration, c'est-à-dire dont la coloration est moins vive, se dirige toujours vers la terre : aussi lorsque la face supérieure est moins colorée que la face inférieure, la feuille présente une position inverse de celle qui s'observe chez presque tous les végétaux ; sa position est renversée, c'est-à-dire que sa face *supérieure* est dirigée vers la terre, et que, par conséquent, sa face *inférieure* est dirigée vers le ciel. C'est ce que j'ai observé chez plusieurs graminées : beaucoup de plantes de cette famille ont leurs feuilles renversées, la face supérieure de ces feuilles est d'un vert glauque ; la face inférieure de ces mêmes feuilles est au contraire d'un vert éclatant : aussi est-ce cette dernière qui se dirige constamment vers le ciel, au moyen d'une torsion qui s'opère dans le corps même de la feuille. Ce phénomène est surtout facile à observer chez les graminées céréales ; ces plantes, avant l'apparition de l'épi, offrent une multitude de feuilles qui, élancées dans l'atmosphère, ramènent leur pointe vers la terre, et sont ainsi disposées en arceaux : or c'est toujours la face inférieure de la feuille qui, dans ces arceaux, est dirigée vers le ciel ; la face supérieure regarde la terre. Avec un peu d'attention, on voit la même disposition dans la feuille de plusieurs des humbles graminées que nous foulons tous les jours aux pieds. J'ai trouvé peu de graminées qui fussent étrangères à cette disposition. On ne l'observe

point, par exemple, chez le *zea mays ;* elle n'existe point non plus chez le *triticum repens* ni chez l'*agrostis rubra :* aussi, chez ces végétaux, n'observe-t-on point la prédominance de la coloration de la face inférieure de la feuille, comme cela s'observe chez la plupart des autres graminées. J'ai remarqué que les substances qui masquent extérieurement la coloration des feuilles ne nuisent en rien à la direction qu'elles affectent en raison de cette coloration; ainsi la feuille du seigle dirige constamment sa face inférieure vers le ciel, quoique cette face soit couverte d'une poussière glauque qui masque sa couleur verte, et qui fait que cette face inférieure paraît moins colorée que la face supérieure. Cette apparence disparaît en essuyant la feuille; alors on voit que sa face inférieure, dirigée vers le ciel, est effectivement plus colorée que ne l'est sa face supérieure dirigée vers la terre. Les feuilles dont les deux faces sont également colorées ne dirigent aucune de ces faces vers la lumière, mais leur pointe s'élève ordinairement droit vers le ciel; telles sont les feuilles des typhinées et les feuilles subulées des alliacées. L'ascension verticale de ces feuilles résulte de la même cause que celle qui produit l'ascension verticale des tiges dépourvues de feuilles, et qui sont également colorées dans tout leur pourtour, telles que les tiges des plantes qui appartiennent aux genres *allium*, *scirpus*, *juncus*, etc. Les feuilles du gui, également colorées sur leurs deux faces, les dirigent de même indifféremment vers la lumière, et j'ai remarqué que la

pointe de ces feuilles tend aussi vers le ciel, de même que les extrémités des tiges de cette plante lorsqu'elles ont acquis une certaine longueur. Il résulte de ces observations que les directions spéciales qu'affectent les faces opposées des feuilles sont constamment en rapport avec la différence de la coloration de ces faces. C'est toujours la face dont la couleur est la plus éclatante qui se dirige vers le ciel, la face la moins colorée se dirige toujours vers la terre; ainsi ce n'est point en leur qualité de face supérieure ou de face inférieure de la feuille, que ces faces affectent des directions spéciales, c'est en leur qualité de faces différemment colorées.

Les pétales des fleurs sont soumis, sous le point de vue de la direction de leurs faces, à des lois semblables à celles qui président à la direction des feuilles; c'est toujours leur face la plus colorée qui se dirige vers la lumière, et c'est en général, comme chez les feuilles, la face supérieure qui présente cette prédominance de coloration qui, quoique souvent peu sensible, est cependant toujours réelle. On la remarque même dans les pétales de couleur blanche: que l'on observe, par exemple, un pétale de lis blanc (*lilium album*), on verra que sa face supérieure est d'un blanc mat et fort éclatant, tandis que sa face inférieure offre une teinte beaucoup plus pâle; la couleur blanche des fleurs, comme toutes les autres couleurs que l'on observe dans ces organes, est due à une matière colorante particulière qui est déposée dans le parenchyme subjacent à l'épiderme; il en est

de même de la couleur verte des feuilles. Ainsi la blancheur des pétales de certaines fleurs n'est point due à la même cause que la blancheur des racines ainsi que des tiges étiolées. Dans les pétales blancs, il y a existence d'une matière colorante blanche; dans les racines ainsi que dans les tiges étiolées, il y a absence de toute matière colorante, ce qui laisse apercevoir la couleur propre au tissu végétal, couleur qui approche du blanc.

Les pétales tendent à se retourner comme les feuilles, lorsqu'on dirige leur face supérieure vers la terre, en maintenant renversée la fleur à laquelle ils appartiennent. J'ai fait cette observation sur les pétales du *lilium album*; mais leur retournement, qui ne s'opère qu'au moyen de leur torsion, n'est jamais aussi complet que l'est celui des feuilles que leur pétiole rend fort mobiles; on observe avec plus de facilité la tendance de la face supérieure de la fleur tout entière vers la lumière, ce fait est si connu que je ne crois pas devoir m'y arrêter. Il est cependant des fleurs dont l'ouverture est constamment dirigée vers la terre, cela, sans nul doute, provient souvent de leur pesanteur et de la faiblesse de leur pédoncule; mais je pense que cela provient aussi quelquefois d'une tendance naturelle de la face inférieure de la fleur vers le ciel, comme étant plus colorée que la face supérieure. Dans les fleurs du *digitalis purpurea*, du *symphytum officinale*, du *fritillaria imperialis*, par exemple, la face supérieure est moins colorée que la face inférieure, qui doit, par cela même, tendre de préférence vers la

lumière, et par conséquent vers le ciel : de là vient que ces fleurs ont toujours leur orifice dirigé vers la terre; c'est par une action spontanée qu'elles se dirigent ainsi. Nous trouverons la preuve de cette assertion dans la section suivante. Dans les fleurs papilionacées, il est presque général de voir le pavillon diriger sa face supérieure vers la lumière, ce qui coïncide avec la plus forte coloration de cette face ; les ailes, au contraire, appliquées ordinairement l'une contre l'autre par leur face supérieure, qui est peu colorée, présentent latéralement à l'influence de la lumière leur face inférieure, dont la coloration est beaucoup plus forte. Dans le genre *phaseolus*, on remarque même que les ailes se tordent sur elles-mêmes pour diriger vers le ciel cette même face inférieure; le contraire a lieu dans la fleur du *melilotus officinalis*; chez elle, c'est la face supérieure des ailes qui se dirige en haut, au moyen de la torsion de ces mêmes ailes, et cela coïncide encore avec la plus forte coloration de la face dirigée vers le ciel ; ainsi les pétales se comportent exactement comme les feuilles, sous le point de vue des directions spéciales qu'ils affectent : chez les uns comme chez les autres, la prédominance de la coloration de l'une quelconque des deux faces est la condition organique qui détermine la direction de cette face vers la lumière et vers le ciel.

Les ovaires, après la chute de la fleur, affectent souvent une direction spéciale et différente de celle que présentait la fleur ; chez le *digitalis purpurea*, par exemple, après la chute de la fleur qui était diri-

gée vers la terre, l'ovaire se redresse et dirige sa pointe vers le ciel ; ce fait coïncide avec la couleur verte de l'ovaire ; il se dirige vers le ciel comme le ferait une tige, et par la même raison. Un phénomène absolument inverse s'observe chez les *convolvulus volubilis* et *arvensis* : la fleur est dirigée vers le ciel ; à peine est-elle tombée, que l'ovaire tend à se diriger vers la terre au moyen de la torsion du pédoncule : à coup sûr cette torsion du pédoncule, lequel est fort robuste, n'est point due à la pesanteur de l'ovaire qui, immédiatement après la chute de la fleur, est encore fort petit, et par conséquent très léger ; il faut donc chercher ailleurs la cause de cette direction spéciale. L'ovaire qui est nu est blanc, ou plutôt décoloré comme une racine, il tend comme elle et par la même raison vers la terre ; le même phénomène n'a point lieu chez le *convolvulus sepium*, dont l'ovaire, après la chute de la fleur, reste enveloppé par deux larges bractées, qui, en leur qualité de parties vertes, tendent vers le ciel et maintiennent l'ovaire dans cette direction.

Ainsi, les phénomènes de direction spéciale que nous observons dans les diverses parties des végétaux coïncident constamment avec la nature de la coloration de ces parties : nous ne pouvons donc nous dispenser de reconnaître que la différence de coloration est la condition organique à laquelle est attachée la différence de cette direction. Les tiges se dirigent vers le ciel et vers la lumière, parcequ'elles possèdent un parenchyme coloré ; les racines se dirigent vers la terre, parceque leur parenchyme est incolore :

les feuilles et les pétales dirigent l'une quelconque de leurs faces vers le ciel et vers la lumière, parceque dans cette face le parenchyme subjacent à l'épiderme est plus fortement coloré que ne l'est celui de la face opposée, qui se dirige vers la terre. Ainsi la coloration des tiges opposées à la décoloration des racines est un phénomène du même genre que la forte coloration de la feuille sur l'une de ses faces, mise en opposition avec la moindre coloration de l'autre face.

Après avoir étudié les directions spéciales qu'affectent les faces opposées des feuilles, il nous reste à décider cette question : *Ces directions spéciales sont-elles mécaniquement imprimées à la feuille par des agents extérieurs, ou bien sont-elles les résultats d'actions spontanées, exécutées à l'occasion de l'influence de ces agents?* Pour décider cette question, j'ai fait les expériences suivantes : j'ai pris des feuilles de divers végétaux, et, après avoir retranché leur pétiole, je l'ai remplacé par un cheveu fixé dans le corps de la feuille au moyen d'un petit crochet; à l'autre extrémité du cheveu était attaché un petit morceau de plomb. J'ai ensuite plongé cet appareil dans un bocal plein d'eau, après avoir pris le soin de laisser ce bocal long-temps en repos, afin que l'eau qu'il contenait n'eût aucun mouvement propre. La pesanteur du plomb précipitait la feuille au fond du bocal; mais, comme, en vertu de sa pesanteur spécifique moindre que celle de l'eau, la feuille tendait vers la surface de ce liquide, il en résultait qu'elle se plaçait dans une position verticale,

ayant sa pointe dirigée vers le ciel, et j'avais soin de la placer de telle façon qu'elle eût sa face inférieure dirigée vers la lumière. On sait, par les expériences de Bonnet, que les feuilles plongées dans l'eau se retournent de la même manière que dans l'air : si donc le retournement de la feuille était dû à une attraction exercée par la lumière sur la face supérieure de cet organe, ce retournement devait s'opérer, dans l'expérience en question, au moyen de la torsion du cheveu qui remplaçait le pétiole, et cela même avec plus de facilité que dans l'ordre naturel, puisque ce cheveu opposait moins de résistance à la torsion que n'en opposait le pétiole lui-même, qui cependant se tord en pareille circonstance. Le résultat de cette expérience a été que la feuille est restée parfaitement immobile, et n'a manifesté aucune tendance au retournement. Cependant, lorsque j'ai mis en expérience des feuilles alongées et fort jeunes, telles que des feuilles de pêcher (*amygdalus persica*) ou des folioles de noyer (*juglans regia*), j'ai vu la partie supérieure de la feuille se tordre sur elle-même et ramener sa face supérieure vers la lumière, sans que le cheveu éprouvât la moindre torsion, ce dont je jugeais à la direction du crochet au moyen duquel la feuille était attachée au cheveu. Ces expériences commencent à prouver que la lumière n'exerce aucune attraction sur la face des feuilles qui se dirige ordinairement vers elle, et que le retournement de ces organes est le résultat d'un mouvement spontané. Cette vérité est mise hors de doute par l'expérience

suivante : j'ai pris un fragment de tige de *polygonum convolvulus*, chargée de deux feuilles situées du même côté et dirigées dans le même sens. J'ai fixé avec un petit crochet un cheveu à la partie supérieure de ce fragment de tige ; un morceau de plomb, fixé à l'autre extrémité du cheveu a précipité dans l'eau d'un bocal ce fragment de tige dans une situation renversée, en sorte que les deux feuilles qu'il portait avaient leur face supérieure dirigée obliquement vers la terre et à l'opposite de la lumière. La plante se tenait suspendue au milieu de l'eau du bocal, sans toucher les parois de ce dernier, qui était placé auprès d'une fenêtre. Les deux feuilles ne tardèrent pas à se retourner au moyen de la torsion de leurs pétioles ; le fragment de tige qui les portait ne changea point de position, et le cheveu qui le retenait au milieu de l'eau n'éprouva pas la moindre torsion. Ce cheveu délié offrait à la torsion une résistance infiniment moindre que celle qui lui était opposée par les deux pétioles des feuilles ; si donc ces deux derniers ont été tordus par l'effet du retournement des feuilles, sans que le cheveu ait participé le moins du monde à cette torsion, cela prouve d'une manière irréfragable que ce n'est point une attraction, ou une autre cause mécanique extérieure qui détermine le retournement des feuilles, mais que ce retournement est le résultat d'un mouvement spontané, exécuté à l'occasion de l'influence d'un agent extérieur sur la feuille.

La lumière n'est point le seul agent dont l'influence soit susceptible de déterminer le retournement des

feuilles. J'ai observé, avec Bonnet, que ces organes se retournent dans une obscurité complète, et tendent ainsi, sans le secours de la lumière, à diriger l'une de leurs faces vers le ciel et l'autre vers la terre. Cette observation prouve que la cause de la pesanteur joue, dans la production de ce phénomène, un rôle semblable à celui de la lumière; la face la moins colorée de la feuille tend, comme les racines, vers la terre, ou dans le sens de la pesanteur; la face la plus colorée tend, comme les tiges, vers le ciel, ou dans le sens opposé à celui de la pesanteur. On pourrait peut-être penser qu'il n'y aurait qu'une seule des faces de la feuille qui affecterait une tendance déterminée, et que l'autre face serait *passive* dans cette circonstance; il est, je crois, impossible d'éclaircir chez les feuilles ce doute qui se trouve levé par l'observation de la tendance que manifeste la radicule du gui à fuir la lumière. Cette radicule est moins colorée en vert que la tige à laquelle elle fait suite, et c'est cette moindre coloration qui est la cause de sa tendance évidente à fuir la lumière. On ne peut se refuser ici à admettre les inductions de l'analogie, et à reconnaître que la face la plus colorée des feuilles tend vers la lumière, et que la face la moins colorée tend à la fuir; par la même raison on peut affirmer que les deux faces de la feuille ont une tendance inverse, par rapport à la cause inconnue de la pesanteur. Ainsi il est bien établi par l'observation que la différence de la coloration est la condition organique qui accompagne constamment la différence de la direction

des parties végétales; il est également démontré que c'est toujours par des mouvements spontanés que les végétaux dirigent d'une manière spéciale leurs diverses parties, et que, par conséquent, les agents extérieurs qui déterminent ces directions spéciales n'agissent sur le végétal qu'en qualité d'agents nervimoteurs. C'est la nervimotion, produite par ces agents, qui produit à son tour les mouvements spontanés dont il est ici question. Aussi, quand la nervimotilité de la plante est abolie, ses feuilles renversées ne se retournent plus. Nous avons vu, dans la section précédente, qu'on peut abolir la motilité de la sensitive, en la plaçant dans une obscurité complète pendant un temps plus ou moins long. Or j'ai expérimenté que, lorsque cette plante est réduite par ce procédé à ne plus mouvoir ses feuilles sous l'influence des secousses, elle n'est plus capable non plus de les mouvoir pour les retourner, lorsqu'on les place dans un état de renversement. Les feuilles de la sensitive étant renversées se retournent assez promptement, même dans la plus profonde obscurité. Or, ayant renversé plusieurs feuilles d'une sensitive qui était depuis quatre jours et demi dans une obscurité complète, par une température de + 22 à 24 degrés, et dont les feuilles n'offraient plus aucune motilité sous l'influence des agents nervimoteurs mécaniques, ces feuilles conservèrent leur position renversée, sans faire aucune tentative pour la quitter pendant trois jours que je les laissai en expérience. Ceci achève de prouver que le retournement des feuilles dépend entièrement d'une

ction intérieure et vitale, et que les agents extérieurs
ui déterminent ce phénomène ne sont, dans cette
irconstance, que des agents nervimoteurs. Or,
omme la différence de la coloration des parties des
égétaux apporte une différence dans la direction
u'elles affectent, il en résulte qu'il y a deux modes
ifférents de la nervimotion, qui sont en rapport avec
ı différence en *plus* ou en *moins* de la coloration des
arties végétales.

On doit à Bonnet plusieurs observations qui ten-
raient à faire penser que les végétaux cherchent à
iir *les abris* desquels ils sont voisins. Ainsi les
lantes qui croissent près d'une muraille inclinent
ur tige pour s'en éloigner; les feuilles que l'on cou-
re d'une planche s'éloignent spontanément de cet abri.
ai répété et varié les expériences que Bonnet a faites
cet égard; je ne me suis pas contenté de les faire sur
s plantes exposées à l'influence de la lumière, je les
répétées sur des végétaux plongés dans la plus
rofonde obscurité. J'ai vu que lorsqu'on couvre d'une
etite planche la face supérieure d'une feuille d'un
égétal situé en plein air, cette feuille tend à se
ustraire à cet abri par des moyens qui ne sont point
ujours les mêmes, mais qui sont toujours ceux
ui doivent arriver le plus facilement et le plus
romptement à cette fin; ainsi c'est tantôt au moyen
la flexion latérale du pétiole que la feuille est re-
rée de dessous l'abri, tantôt c'est au moyen de la
exion de ce même pétiole vers la tige. Lorsque la
lanche est trop large pour que la feuille puisse être

retirée de dessous, le pétiole se fléchit vers la terre, et la feuille se présente ainsi à l'influence de la lumière, qui lui arrive latéralement par-dessous la planche. J'avais couvert d'une petite planche la foliole terminale d'une feuille de haricot (*phaseolus vulgaris*), feuille qui, comme on sait, possède trois folioles; cette foliole ne pouvait point se retirer de dessous la planche par l'inflexion de son pétiole particulier, à cause du peu de longueur de ce dernier; ce fut le pétiole commun qui, par son inflexion, retira la foliole de dessous l'abri qui la recouvrait. En voyant cette diversité de moyens employés pour parvenir à une même fin, on serait presque tenté de croire qu'il existe là une intelligence secrète qui choisit les moyens les plus convenables pour accomplir une action déterminée.

Les feuilles plongées dans une profonde obscurité, et recouvertes par un abri, ne manifestent aucune tendance à s'y soustraire. C'est ce dont je me suis assuré par des observations multipliées et faites avec beaucoup de soin; seulement j'ai observé quelquefois que les feuilles recouvertes d'une petite planche s'en éloignaient en s'abaissant; mais, comme ce mouvement peut être causé par la pesanteur de la feuille, on n'en peut rien conclure pour l'existence chez cette dernière d'une tendance spéciale à fuir l'abri qui la recouvre. Il faut donc admettre que le mouvement par lequel les feuilles exposées en plein air se retirent de dessous les abris qui les recouvrent est uniquement dû à la tendance naturelle que ces or-

ganes ont à diriger l'une de leurs faces vers la lumière; c'est un phénomène analogue à celui de leur retournement. On peut conclure de là que si les tiges s'inclinent en avant lorsqu'elles croissent dans le voisinage d'un mur, cela ne provient point d'une tendance particulière qu'elles auraient à fuir cet abri, mais que cela est occasioné par la tendance de la tige vers la lumière qui lui arrive principalement en avant, et à l'influence de laquelle elle est presque totalement soustraite en arrière, c'est-à-dire du côté du mur.

Il existe chez les végétaux un autre phénomène de direction spéciale dont la cause s'est jusqu'ici dérobée à toutes les recherches des naturalistes; je veux parler du phénomène auquel Linné a donné le nom de *sommeil des plantes*. On sait qu'aux approches de la nuit les feuilles et les fleurs de beaucoup de végétaux affectent des directions et des positions différentes de celles qu'elles offraient pendant le jour. Bonnet, qui a beaucoup observé ce phénomène, croit qu'il dépend de l'humidité qui s'élève le soir de la terre. Cette hypothèse est repoussée par l'observation; car j'ai vu qu'une feuille de sensitive plongée dans l'eau ne laisse pas de présenter pendant la nuit le phénomène du *sommeil* ou de la plicature de ses folioles, qui se déploient au retour de la lumière du jour. M. Decandolle, qui a fait de belles expériences sur les deux états de *sommeil* et de *veille* des plantes, a reconnu que ces phénomènes dépendent exclusivement de l'absence ou de la présence de la

lumière; mais cela ne nous apprend point la cause du phénomène lui-même, et ne nous instruit point sur sa nature.

La lumière exerce deux influences bien distinctes sur les végétaux; elle est à la fois agent réparateur de la nervimotilité végétale, et agent nervimoteur, c'est-à-dire qu'elle répare et consomme tout à la fois les conditions vitales de la nervimotilité. J'ai fait voir, dans la 2e section, que la lumière répare chez la sensitive la nervimotilité que l'absence de cette lumière avait laissé éteindre ou épuiser. Cette réparation de la nervimotilité par la lumière a lieu en vertu d'une propriété de cet agent qui n'est pas connue. Nous venons de voir que la lumière agit comme cause de nervimotion pour déterminer certaines directions des parties végétales. Il résulte de cette complication d'actions de la part de la lumière sur les végétaux que ceux-ci doivent avoir un état *diurne* en rapport avec la double influence réparatrice et *nervimotrice* de la lumière, et un état *nocturne* en rapport avec l'absence de cette double influence. L'observation nous apprend que dans l'état *diurne* les feuilles de plusieurs végétaux offrent deux directions spéciales différentes; tantôt elles présentent directement l'une de leurs faces à la lumière, tantôt elles dirigent leur pointe vers elle; c'est ce que l'on remarque, par exemple, chez la sensitive (*mimosa pudica*), chez le *robinia pseudo acacia*, etc. Le matin les feuilles de ces végétaux présentent leur face supérieure à la lumière, mais dans le milieu du jour, sur-

tout si la lumière du soleil est fort intense, les folioles dirigent leur pointe vers la lumière ou vers le ciel. Ces deux directions différentes, qui se croisent à angle droit, composent par leur assemblage l'état *diurne* des feuilles. Ces deux directions ne s'observent pas chez tous les végétaux, mais il est un phénomène assez commun qui s'y rattache : ce phénomène, qui a été noté par Bonnet, est celui de la forme concave que prennent les feuilles un peu larges lorsqu'elles sont soumises à l'influence d'une forte lumière. Cette concavité de la feuille est produite par la tendance de ses bords ou des extrémités de ses nombreuses nervures vers la lumière; ce phénomène est évidemment du même genre que celui que l'on observe dans les feuilles qui, comme celles de la sensitive, dirigent vers une forte lumière la pointe de leur nervure unique. Ce phénomène provient de ce que les extrémités des nervures des feuilles se comportent comme si elles étaient des extrémités de tiges, et qu'elles tendent, en cette qualité, à se diriger vers la lumière. Ainsi, pendant le jour, les feuilles de certains végétaux obéissent successivement à deux tendances qui se croisent à angle droit; la première de ces tendances dirige leur face supérieure vers la lumière, la seconde dirige leur pointe vers ce même agent. Il est à remarquer que la première est le plus constamment prédominante, et qu'il faut une grande intensité de lumière pour faire prédominer la seconde, encore ce dernier effet ne s'observe-t-il que chez quelques végétaux. Dans leur état nocturne, les feuilles n'offrent

qu'une seule direction spéciale, et cette direction, considérée, chez les divers végétaux, est assez variable, quoique constante et unique chez chacun d'eux. On sait qu'alors les folioles de la sensitive sont ployées le long de leur pinnule ou de leur axe commun, que les folioles du *robinia pseudo acacia* ont leur pointe dirigée vers la terre; que les folioles des casses tordent leurs pétioles pour se joindre par paires par leurs faces, supérieures en même temps qu'elles dirigent leur pointe en bas, etc. Ces phénomènes ont leur cause dans un état particulier de la nervimotilité du végétal; cette cause se trouve spécialement dans la diminution des conditions de la nervimotilité, conditions qui, sans cesse épuisées par le milieu environnant, ne sont plus réparées en suffisante quantité, à cause de l'absence de l'agent réparateur, qui est la lumière. En un mot, le sommeil des feuilles est la position particulière qui doit résulter d'une diminution considérable et rapide des conditions de leur nervimotilité : aussi toute cause qui produira cette diminution produira une position des feuilles semblable à celle du sommeil. C'est ce que l'on observe chez la sensitive; une secousse imprimée à ses feuilles, en épuisant momentanément une portion des conditions de leur nervimotilité, leur fait prendre la même position qu'elles affectent pendant le sommeil; leur plicature est véritablement alors un sommeil diurne. Il n'y a point de différence entre ce *sommeil diurne* provoqué par un agent nervimoteur violent, lequel consomme et diminue rapidement les

conditions de la nervimotilité, et le *sommeil nocturne*, qui est provoqué par la diminution de ces mêmes conditions de la nervimotilité, par le fait de l'absence de l'agent réparateur de ces conditions vitales sans cesse consommées par le milieu ambiant.

Les fleurs, comme on le sait, présentent, de même que les feuilles, ces deux états de sommeil et de veille, qui reconnaissent certainement pour cause un état particulier d'épuisement ou d'accumulation des conditions de la nervimotilité. La lumière agissant à la fois comme cause réparatrice de la nervimotilité végétale, et comme cause *nervimotrice*, ou comme cause d'épuisement de cette même nervimotilité, elle doit, considérée dans un degré déterminé d'intensité, tantôt réparer plus qu'elle n'épuise, tantôt épuiser plus qu'elle ne répare, et cela suivant l'organisation particulière des végétaux. Ainsi, il n'est point étonnant que l'on rencontre des parties végétales qui offrent la plicature du sommeil pendant le jour, et qui se déploient à la faible lueur du crépuscule; telle est, par exemple, la fleur de la belle de nuit (*mirabilis jalappa*). La plicature de cette fleur est provoquée par une forte lumière qui agit sur elle plus comme cause d'épuisement que comme cause de réparation, tandis que le même degré de lumière produit un effet inverse sur la plupart des autres fleurs.

SECTION IV.

DE L'INFLUENCE DU MOUVEMENT DE ROTATION SUR LES DIRECTIONS SPÉCIALES QU'AFFECTENT LES DIVERSES PARTIES DES VÉGÉTAUX.

Les expériences rapportées dans la section précédente nous ont prouvé que les directions spéciales qu'affectent les diverses parties des végétaux sont dues à des actions vitales et spontanées dont la cause immédiate se trouve dans l'influence qu'exercent sur la nervimotilité végétale deux agents extérieurs, la lumière et la cause inconnue de la pesanteur. Si nous pouvions imiter les procédés de la nature, si nous pouvions employer des agents nervimoteurs différents de ceux qu'elle met en usage pour déterminer ces directions spéciales et spontanées des végétaux, cela nous mettrait à même de déterminer quel est le mode d'action de ces agents sur la nervimotilité végétale. Deux naturalistes, MM. Hunter et Knight, ont déjà tenté ce genre d'expériences; ils ont voulu voir ce qui arriverait à des graines qui, soumises à un mouvement de rotation continuel, présenteraient ainsi leur radicule et leur plumule, chacune successivement au ciel et à la terre. Hunter mit une fève au centre d'un baril plein de terre et qui était animé d'un mouvement continuel de rotation sur son axe horizontal: la radicule se dirigea dans le sens de l'axe

de la rotation du baril. M. Knight[1] fixa des graines de haricots à la circonférence d'une roue de onze pouces de diamètre, laquelle, mue continuellement par l'eau dans un plan vertical, faisait cent cinquante révolutions par minute. Il résulta de cette expérience que chaque graine dirigea sa radicule et sa plumule dans le sens des rayons de la roue; les radicules tendirent vers la circonférence et les plumules vers le centre. M. Knight répéta la même expérience avec une roue de semblable diamètre et qui était mue dans un plan horizontal; elle faisait deux cent cinquante révolutions par minute. Toutes les radicules se dirigèrent encore vers la circonférence et les plumules vers le centre, mais avec une inclinaison de 10 degrés des radicules vers la terre et des plumules vers le ciel. En réduisant à quatre-vingts révolutions par minute la vitesse de rotation de cette roue horizontale, l'inclinaison des radicules vers la terre, et des plumules vers le ciel, devint de 45 degrés. Ces expériences sont extrêmement intéressantes, en ce qu'elles démontrent qu'il existe des moyens d'occasioner artificiellement chez les plantes des directions différentes de celles qu'elles prennent naturellement. Je résolus de répéter ces expériences et de les varier; mais comme je ne pouvais disposer d'un appareil mu par l'eau sans interruption, je pris le parti de faire construire un mouvement d'horlogerie assez semblable à un tournebroche. Il est mu par un poids de deux cent soixante-dix livres, que l'on remonte de douze

[1] *Philosophical Transactions of the royal Society of London*, 1806.

heures en douze heures; son mouvement est réglé par un régulateur ou volant, dont la rotation s'opère dans le sens horizontal : les roues verticales, qui sont au nombre de cinq, prolongent leurs axes de chaque côté au-delà des montants qui les supportent; ces prolongements des axes sont carrés, en sorte qu'il est facile d'y adapter une roue de bois, à la circonférence ou au centre de laquelle je place les graines dont je veux observer la germination. Je place ces graines dans des ballons de verre munis de deux ouvertures diamétralement opposées, et que je ferme avec des bouchons après y avoir introduit la quantité d'eau nécessaire pour la végétation des embryons des graines. Celles-ci sont enfilées par leurs enveloppes, ou leurs cotylédons, au moyen de deux fils de cuivre extrêmement déliés, dont les extrémités sont fixées de part et d'autre aux bouchons qui ferment les deux ouvertures des ballons de verre. Ceux-ci sont ensuite fixés d'une manière solide à la roue avec laquelle ils doivent se mouvoir; de cette manière, les graines transportent avec elles dans leur mouvement circulaire l'eau nécessaire à leur germination; les ballons de verre au milieu desquels elles sont fixées d'une manière invariable, ont l'avantage de les soustraire à l'influence de toute action mécanique de la part du milieu dans lequel le mouvement s'opère. Le fil de cuivre dont je me sers pour fixer les graines dans l'intérieur des ballons de verre est le plus fin que l'on emploie pour envelopper en spirale des cordes d'instruments.

J'ai pris des graines de pois (*pisum sativum*) et

des graines de vesce (*vicia sativa*) qui commençaient à germer ; je les ai placées, suivant le procédé décrit plus haut, dans des ballons de verre que j'ai fixés à la circonférence d'une roue d'un mètre de diamètre, qui faisait quarante révolutions par minute. Le résultat de cette expérience fut que toutes las radicules se dirigèrent vers la circonférence, et que toutes les plumules se dirigèrent vers le centre de la rotation ; les radicules, qui s'étaient trouvé originairement tournées vers le centre, se retournèrent vers la circonférence; les plumules se courbèrent de même pour se diriger vers le centre. Cette expérience, répétée plusieurs fois, m'a donné constamment le même résultat, qui est également celui qui a été obtenu par M. Knight.

A l'exemple de M. Knight, j'ai voulu éprouver l'effet que produirait sur les graines en germination une rotation rapide, opérée dans un plan horizontal; pour cela, j'ai remplacé le régulateur ou volant de mon mouvement d'horlogerie par une règle de bois, à chacune des extrémités de laquelle j'ai attaché solidement un petit ballon de verre contenant des graines de vesce, fixées dans son intérieur, comme je l'ai dit plus haut, au moyen de deux fils de cuivre; cette règle formait un diamètre de 38 centimètres de longueur, elle faisait cent vingt révolutions par minute. Les radicules et les plumules se dirigèrent dans un sens parfaitement horizontal, les premières vers la circonférence, et les secondes vers le centre. Ici les graines n'avaient point cessé d'être soumises à la cause qui, dans l'état naturel, préside à la direction per-

pendiculaire de la plumule et de la radicule; mais cette cause naturelle avait été surpassée en énergie par la cause artificielle employée dans cette circonstance, c'est-à-dire par la force centrifuge qui résultait de la rotation rapide. M. Knight n'avait pas obtenu un résultat aussi complet de son expérience sur les graines de haricots soumises au mouvement de rotation horizontale, puisqu'elles avaient conservé un peu de leur tendance verticale; cependant la force centrifuge à laquelle elles étaient soumises était plus considérable qu'elle ne l'était dans mon expérience, puisque sa roue, qui avait 11 pouces anglais (ou 28 centimètres) de diamètre, faisait deux cent cinquante révolutions par minute. Cette différence dans le résultat dépend entièrement de la nature des graines soumises à l'expérience. J'ai éprouvé que l'embryon de la graine de vesce est beaucoup plus facile à influencer pour sa direction que ne le sont les embryons beaucoup plus gros des graines de haricots ou de pois; aussi est-ce presque toujours avec des graines de vesce que j'ai fait mes expériences. J'ai placé un certain nombre de ces graines dans un ballon de verre, dont elles occupaient le diamètre intérieur, fixées, comme à l'ordinaire, dans cette place au moyen de deux fils de cuivre qui enfilaient leurs enveloppes. J'ai attaché ce ballon de verre sur une petite planche que j'ai adaptée au pivot du volant horizontal de mon mouvement d'horlogerie, en remplacement de ce volant; cet appareil faisait deux cent cinquante révolutions par minute; le centre de la rotation répondait

au milieu de cette série longitudinale et horizontale de graines; une de ces dernières était située aussi exactement que possible au centre même; cependant la radicule de celle-ci se trouva décrire un cercle extrêmement petit, car je ne pense pas qu'il eût, dans l'origine, plus d'un à deux millimètres de rayon. Cette radicule se dirigea vers la circonférence, dans un sens parfaitement horizontal; la plumule s'éleva verticalement vers le ciel; les radicules des autres graines, qui étaient plus éloignées du centre, se dirigèrent à plus forte raison dans une horizontalité parfaite vers la circonférence; leurs plumules se dirigèrent toutes vers le centre, mais avec différents degrés d'inclinaison par rapport à l'horizon: celles qui étaient à plus de deux centimètres du centre dirigèrent leurs plumules vers ce dernier avec une horizontalité parfaite; celles qui étaient situées plus près du centre s'en approchèrent en se dirigeant obliquement vers le ciel; enfin, toutes les plumules ayant continué de s'accroître, se réunirent en faisceau au centre, où elles prirent toutes une direction verticale vers le ciel. Je répétai cette expérience avec des graines germées, dont je dirigeai la radicule vers la terre; au bout de quelques heures de rotation, les radicules abandonnèrent cette direction naturelle, et, se courbant vers la circonférence, se placèrent dans une situation horizontale.

La rotation horizontale la plus lente qu'il m'ait été possible d'obtenir avec mon mouvement d'horlogerie a été de cinquante-quatre révolutions par minute. Les graines de vesce soumises à cette rotation ont incliné

leur radicule vers la terre, dans une position oblique, éloignée d'environ 45 degrés de la ligne verticale, et dirigée vers la circonférence ; les plumules ont affecté le même degré d'inclinaison vers le centre, en montant obliquement vers le ciel. Ces expériences démontrent deux faits généraux, savoir, 1° que la radicule, dans l'action spontanée au moyen de laquelle elle se dirige, *obéit* au mouvement ou à la tendance qui l'influence ; en effet, soumise au mouvement de rotation, la radicule se dirige dans le sens de la tendance centrifuge qui naît du mouvement circulaire, c'est-à-dire qu'elle prend la direction du rayon, en s'avançant vers la circonférence ; 2° que la plumule, dans l'action spontanée au moyen de laquelle elle se dirige, *réagit* contre le mouvement ou la tendance qui l'influence ; en effet, soumise au mouvement de rotation, la plumule se dirige dans le sens diamétralement opposé à celui de la tendance centrifuge qui naît du mouvement circulaire, c'est-à-dire qu'elle prend la direction du rayon en s'avançant vers le centre.

Après avoir répété et vérifié les expériences de M. Knight, j'ai voulu essayer de reproduire l'expérience de Hunter, qui a vu qu'en faisant tourner une graine sur elle-même, la radicule se dirigeait dans le sens de l'axe de la rotation ; cette observation fort incomplète méritait d'être suivie. J'ai placé un ballon de verre, contenant des graines de vesce, au centre d'une roue qui faisait quarante révolutions par minute ; j'avais fait en sorte que la série longitudinale des graines, que maintenaient les deux fils de cuivre,

fut située aussi exactement que possible sur le prolongement de l'axe de rotation, lequel était dirigé à peu près du nord-est au sud-ouest. Les radicules et les plumules se dirigèrent également selon l'axe de rotation, mais dans des sens diamétralement opposés; les radicules s'avancèrent vers le sud-ouest et les plumules vers le nord-est. Le même effet eut lieu avec tous les degrés de vitesse de rotation qu'il me fut possible d'employer, ce qui me prouva que ce phénomène ne dépendait point du tout du degré de cette vitesse. Je pensai que cette direction spéciale de la plumule et de la radicule pouvait provenir du sens dans lequel la rotation s'opérait; je répétai donc mon expérience en faisant tourner la roue dans le sens opposé à celui dans lequel sa rotation s'opérait précédemment; mais le résultat ne varia point: les radicules se dirigèrent constamment vers le sud-ouest, et les plumules avec le nord-est. Je ne savais à quelle cause attribuer cette direction spéciale de la radicule et de la plumule, lorsqu'il me vint dans l'idée de m'assurer de l'horizontalité de l'axe de ma roue; je lui appliquai un niveau, et je vis qu'il inclinait vers le sud-ouest d'une quantité que je trouvai être d'un degré et demi. Cette inclinaison, quoique légère, me parut devoir être la cause de la direction spéciale des caudex séminaux; pour m'en assurer, je penchai légèrement mon mouvement d'horlogerie, en inclinant les axes des roues vers le nord-est, et dans cette position je recommençai mon expérience. Alors les directions précédentes de la plumule et de la ra-

dicule furent interverties : les radicules se dirigèrent vers le nord-est, et les plumules vers le sud-ouest. Ainsi, il me fut démontré que la radicule se dirige vers le côté déclive de l'axe dont elle suit la pente en descendant, et que la plumule, au contraire, se dirige vers le côté ascendant de l'axe dont elle suit la pente en remontant. Il est évident que, dans cette circonstance, la plumule et la radicule subissent l'influence de la cause qui les sollicite dans l'état naturel; mais ne pouvant, à cause de la rotation continuelle, monter et descendre verticalement, elles montent et descendent par une ligne inclinée. Après m'être éclairci sur ce point, j'ai voulu voir ce qui arriverait en plaçant l'axe dans une horizontalité parfaite, et j'ai vu qu'alors la plumule et la radicule se sont dirigées comme les deux rayons d'un même diamètre d'un cercle vertical dont la graine occupait le centre. Ayant répété plusieurs fois de suite la même expérience, je vis que les caudex séminaux se dirigeaient constamment dans le sens d'un diamètre toujours le même, et que, par conséquent, la plumule tendait constamment vers un point déterminé de la circonférence de la roue au centre de laquelle la graine était fixée, et que la radicule tendait constamment vers le point diamétralement opposé, et toujours le même de cette circonférence. J'ai cherché, sans succès, pendant fort long-temps, la cause de cette tendance spéciale, et je l'ai enfin trouvée en observant des graines en germination soumises à un mouvement très lent de rotation. J'avais fixé deux ballons de verre, con-

tenant comme à l'ordinaire des graines de vesce prêtes à germer, à la circonférence d'une roue de deux décimètres de rayon qui faisait trente révolutions par heure; un autre ballon de verre semblable était placé au centre de cette même roue, dont l'axe de rotation était parfaitement horizontal. Les radicules, dans ces trois ballons de verre, prirent une même direction, c'est-à-dire qu'elles se dirigèrent suivant des lignes toutes parallèles entre elles ; les plumules prirent généralement une direction diamétralement opposée à celle des radicules. De cette manière, les graines situées au centre de la roue avaient leurs radicules dirigées selon l'un des rayons de cette roue, tandis que les graines situées à la circonférence avaient leurs radicules dirigées parallèlement à ce même rayon et du même côté. Les réflexions que je fis sur ce phénomène me conduisirent à penser qu'il y avait de l'inégalité dans le mouvement de la roue, c'est-à-dire qu'il y avait un des points de cette roue qui marchait vite pendant une demi-révolution, et qui marchait plus lentement pendant l'autre demi-révolution. Comme chaque révolution s'exécutait dans l'espace de deux minutes, il me fut facile de mesurer et de comparer entre elles les diverses parties de cette révolution, au moyen d'un pendule qui marquait les demi-secondes. Je trouvai de cette manière que ce que j'avais soupçonné avait lieu effectivement; la rotation de la roue n'était point uniforme. Celui des points de sa circonférence pour lequel cette inégalité de mouvement était la plus marquée parcourait l'une de ses deux

demi-révolutions, observée en partant d'un point déterminé, en soixante-six secondes, et l'autre demi-révolution en cinquante-quatre secondes; en sorte que les temps dans lesquels s'opéraient ces deux demi-révolutions étaient entre eux comme onze est à neuf. Or, les caudex séminaux étaient tous perpendiculaires à celui des diamètres de la roue qui, en raison de l'inégalité de la rotation, restait le plus long-temps exposé à l'influence de la pesanteur par l'un de ses côtés ou *flancs* pendant une demi-révolution, et le moins long-temps exposé à cette même influence par le *flanc* opposé pendant l'autre demi-révolution. Les radicules étaient perpendiculaires au côté ou *flanc* le plus long-temps tourné vers la terre, et les plumules se dirigeaient perpendiculairement sur le côté ou *flanc* opposé, lequel était le plus long-temps tourné vers le ciel; ainsi, dans cette circonstance, les caudex séminaux se dirigeaient sous l'influence de la pesanteur à laquelle ils étaient incomplètement soustraits à cause de l'inégalité du mouvement de rotation. Cette inégalité du mouvement provenait de la construction défectueuse de mon mouvement d'horlogerie, qui avait été confectionné par un serrurier fabricant de tournebroches. Quelques tentatives que j'aie faites, il m'a été impossible de corriger ce défaut et d'obtenir un mouvement de rotation parfaitement égal; en revanche, il m'a été facile de rendre la rotation de mes roues plus inégale qu'elle ne l'était, en les chargeant aux deux extrémités d'un même diamètre de ballons de verre d'inégale pesanteur, de manière

cependant à ce que le mouvement de rotation ne fût pas arrêté par une trop forte inégalité de poids entre ces ballons. J'ai pleinement confirmé de cette manière les résultats de l'expérience précédente. Lorsque le ballon le plus pesant parcourait sa demi-révolution en descendant, son excès de poids s'ajoutait à la force motrice et accélérait le mouvement : lorsqu'au contraire ce même ballon parcourait sa demi-révolution en remontant, son excès de poids diminuait la force motrice et retardait le mouvement. Il résultait de là que le diamètre sur lequel étaient placés ces deux ballons présentait ses deux *flancs* à la terre pendant des espaces de temps inégaux : lorsque, par exemple, le ballon le plus pesant était au point le plus déclive de sa révolution, il commençait à parcourir lentement sa demi-révolution ascendante, et le diamètre sur lequel il était placé présentait pendant long-temps à la terre l'un de ses flancs, et cela sous tous les degrés successifs d'inclinaison jusqu'à ce que le ballon pesant eût gagné le point le plus élevé de la révolution. A partir de ce moment, le ballon pesant parcourait rapidement sa demi-révolution descendante, et le diamètre sur lequel il était placé présentait, pendant peu de temps, à la terre son autre *flanc* sous tous les degrés d'inclinaison. Il résultait de là que ces deux flancs opposés du diamètre dont il est ici question étaient dirigés vers la terre pendant des temps inégaux, et que, par conséquent, la pesanteur devait agir sur les embryons séminaux avec une force proportionnelle à cette différence de temps. La direction

des caudex séminaux devait, dans cette circonstance, être la ligne moyenne entre toutes les inclinaisons sous lesquelles le flanc du diamètre se présentait à la terre, c'est-à-dire que les caudex séminaux devaient être perpendiculaires au diamètre dont il s'agit : c'est aussi ce que l'expérience m'a prouvé. Ainsi, en observant l'appareil lorsque le ballon pesant parcourait sa demi-révolution ascendante, et au moment où le diamètre sur lequel il était situé était horizontal, on voyait toutes les radicules dirigées verticalement vers le centre de la terre, et toutes les plumules dirigées verticalement vers le ciel. Il n'y avait ainsi qu'une seule et même direction pour toutes les graines contenues dans les ballons dont la roue pouvait être chargée, soit à son centre, soit à sa circonférence. Ainsi me fut dévoilée la cause de la direction, selon les deux rayons d'un même diamètre, d'un cercle vertical qu'affectaient les deux caudex séminaux de mes graines lorsqu'elles tournaient sur elles-mêmes ; l'axe étant parfaitement horizontal. Il m'était impossible d'apercevoir cette cause lorsque j'employais une rotation plus rapide, qui ne permettait pas de mesurer la durée des demi-révolutions, ni même de soupçonner leur inégalité ; aussi la recherche de ce phénomène m'a-t-elle entraîné dans des erreurs que je m'empresse ici de désavouer. J'avais cru apercevoir dans le principe que les secousses étaient la cause de la direction spéciale dont je viens d'exposer la cause véritable ; je soumis en conséquence des graines en germination et tournant sur elles-mêmes sur un axe ho-

rizontal, à des secousses régulières, opérées dans un sens toujours le même, au moyen d'un mécanisme particulier. Je vis que les radicules et les plumules des graines contenues dans cet appareil affectaient des directions constantes en rapport apparent avec la direction des secousses, et je n'hésitai point à admettre que le mouvement imprimé par secousses exerçait une influence déterminée sur la direction des caudex séminaux soustraits à l'influence de la pesanteur par leur rotation. Ce ne fut que long-temps après que je m'aperçus de mon erreur : la direction spéciale qu'affectaient les caudex séminaux, dans cette expérience, provenait uniquement d'une inégalité dans le mouvement de rotation; inégalité qui était produite par le mécanisme au moyen duquel je produisais les secousses, et qui, étant toujours la même, produisait des effets toujours semblables. L'expérience a ses déceptions comme l'imagination a ses illusions, et il est quelquefois bien difficile de s'y soustraire.

On voit, par les expériences qui viennent d'être rapportées, que lorsque la rotation est lente, les embryons séminaux qui l'éprouvent cessent de diriger leur radicule vers la circonférence et leur plumule vers le centre. Il me paraissait important de trouver quel est le degré de vitesse de rotation où cette direction spéciale cesse d'avoir lieu. Les expériences que j'ai faites sur cet objet ne m'ont rien appris de bien positif; d'abord parceque je n'ai pu essayer toutes les vitesses de mouvement; en second lieu, à cause de la construction défectueuse

de mon mouvement d'horlogerie. Le mouvement le plus lent que j'aie pu obtenir avec ma roue la plus élevée a été de quinze révolutions par minute; les graines soumises à cette rotation avec un décimètre de rayon ont dirigé leurs radicules vers la circonférence et leur plumule vers le centre. Les graines parcouraient ici neuf mètres quatre décimètres par minute. Le mouvement le plus rapide de la roue immédiatement subjacente était de quatre révolutions par minute. J'ai soumis des graines à cette rotation, avec un rayon de cinq décimètres : ici les graines parcouraient douze mètres quatre décimètres par minute, par conséquent leur mouvement était plus rapide que dans l'expérience précédente; cependant la radicule ne se porta point vers la circonférence ni la plumule vers le centre; ces deux caudex se dirigèrent parallèlement à l'axe de rotation, lequel était incliné légèrement. La radicule se porta vers le côté déclive de l'axe et la plumule vers le côté ascendant; ce résultat, comme on le voit, est semblable à celui que j'avais obtenu en faisant tourner des graines sur elles-mêmes. Je recommençai l'expérience en plaçant l'axe dans une situation horizontale; alors les caudex séminaux affectèrent la direction particulière qui est produite par l'inégalité de la rotation; c'est-à-dire que toutes les radicules et toutes les plumules se dirigèrent perpendiculairement au même diamètre dans un plan vertical. Il me fut impossible de corriger cette inégalité de mouvement, dans la roue dont il est ici question; en sorte que je ne sais pas d'une

manière bien positive quel est le degré de vitesse de mouvement rotatoire sous l'influence duquel la plumule cesse de se porter vers le centre et la radicule vers la circonférence; toutefois ces expériences pourraient porter à penser que la direction de la radicule vers la circonférence, et celle de la plumule vers le centre, seraient produites plutôt par le nombre des révolutions dans un temps donné, que par l'étendue du chemin parcouru par la graine dans le même temps; nous venons de voir en effet que des graines qui parcourent environ douze mètres par minute, en faisant quatre révolutions dans le même temps, ne dirigent point leur radicule vers la circonférence et leur plumule vers le centre, tandis que l'on observe cette double direction chez les graines qui ne parcourent qu'environ neuf mètres par minute, en faisant quinze révolutions dans le même temps. Mais ici il y a une observation importante à faire; la roue qui ne faisait que quatre révolutions par minute, éprouvait des *saccades* multipliées qui résultaient de l'engrenage des dents avec les pignons; ainsi son mouvement de rotation n'était point uniforme, c'était plutôt un transport circulaire opéré à des reprises multipliées. On conçoit que, dans cette circonstance, il ne devait point y avoir de force centrifuge; elle ne peut exister d'une manière sensible que dans un mouvement rotatoire continu; le même inconvénient n'existait pas lorsque j'employais la roue la plus élevée de mon mouvement d'horlogerie, à laquelle je pouvais faire exécuter depuis quinze jusqu'à quarante révo-

lutions par minute, avec un rayon que je pouvais porter jusqu'à cinq décimètres; je supprimais son engrenage avec le volant. Les ballons de verre, situés sur leur roue verticale à long rayon, servaient alors de régulateurs pour le mouvement de rotation, qui était continu et complètement exempt de saccades. On conçoit que, dans cette circonstance, rien ne s'opposait au développement de la force centrifuge, et ceci explique d'où vient la différence qui a été signalée plus haut.

Lorsque le mouvement de rotation est lent, et que par conséquent la force centrifuge est insuffisante pour opérer la direction des caudex séminaux, ceux-ci subissent l'influence de la pesanteur, tantôt en se dirigeant parallèlement à l'axe, lorsque cet axe est incliné à l'horizon, tantôt en prenant la direction particulière qui résulte de l'inégalité de la rotation. Lorsque le mouvement rotatoire s'effectue avec une vitesse modérée, l'axe étant un peu incliné, et qu'en même temps la rotation est inégale, les caudex séminaux affectent des directions variées : tantôt on voit, par exemple, toutes les radicules affecter une direction semblable, qui est la direction moyenne résultant des trois forces qui les sollicitent, tantôt on voit ces radicules subir chacune en leur particulier l'influence exclusive de l'une quelconque de ces trois forces, sans qu'il soit possible de savoir d'où provient cette irrégularité dans ces effets, sous l'influence d'un même assemblage de causes. Les plumules sont, à cet égard, encore plus irrégulières que les radicules; il est rare que, dans cette circonstance, la plumule

prenne la direction diamétralement opposée à celle de la radicule ; souvent elle semble errer au hasard, souvent même elle se dirige dans le même sens que la radicule. Cela s'observe spécialement lorsque, la rotation étant fort lente, et l'axe étant horizontal, les caudex séminaux subissent seulement l'influence d'une faible inégalité dans le mouvement rotatoire.

Les deux caudex séminaux sont absolument indépendants l'un de l'autre pour leur direction ; on peut supprimer l'un quelconque de ces deux caudex sans que le caudex opposé cesse pour cela d'affecter la direction qui lui est propre ; cette direction spéciale n'appartient qu'à l'axe du végétal, lequel axe est représenté par l'assemblage rectiligne de la tigelle et de la radicule ; j'ai vu, en effet, que les racines produites latéralement par la radicule pivotante n'éprouvent point, ou presque point, l'influence des causes qui déterminent la direction de cette dernière ; aussi, ne se dirigent-elles point comme elle vers la circonférence lorsqu'elles sont soumises à une rotation rapide. La direction de ces racines latérales offre généralement une tendance à la perpendicularité sur la racine pivotante ; cette observation est concordante avec celles que j'ai rapportées dans la section précédente ; observations qui prouvent que les productions végétales tendent généralement à affecter une position perpendiculaire à celle de leur surface d'implantation ; cela nous apprend pourquoi les racines latérales de beaucoup de végétaux, au lieu de s'en-

foncer verticalement dans la terre, rampent horizontalement à peu de distance de sa surface.

Le procédé au moyen duquel j'ai fait mes expériences ne m'a pas permis de répéter une expérience très curieuse de M. Knight. Cet observateur ayant fixé des graines de haricot à la circonférence d'une roue de 11 pouces de diamètre que l'eau faisait mouvoir, observa le développement des tiges qui, en s'alongeant, gagnèrent le centre de la rotation : il avait eu soin de les attacher aux rayons de la roue; sans cette précaution, ces tiges, grêles et flexibles, auraient été, ou brisées, ou déviées de leur direction par l'effet de leur pesanteur. Lorsque, par leur accroissement progressif, ces tiges eurent un peu dépassé le centre de la rotation, elles se recourbèrent et ramenèrent leurs sommets vers ce même centre, unique but de leur tendance constante. Si je n'ai pu répéter cette expérience, en revanche il m'a été possible d'en faire plusieurs autres que M. Knight ne pouvait pas entreprendre avec son appareil. J'ai voulu voir si les feuilles étaient susceptibles d'affecter une direction spéciale sous l'influence d'un mouvement de rotation rapide. Cette expérience était facile à faire avec mon appareil; il ne s'agissait que de renfermer des tiges munies de feuilles dans des ballons de verre, de les fixer solidement dans leur intérieur, et de soumettre ces ballons à un mouvement de rotation rapide. Je plaçai donc dans un ballon de verre une tige de *convolvulus arvensis*, munie de quatre feuilles; j'avais choisi pour cet effet les feuilles les plus petites

qu'il m'avait été possible de trouver, afin de pouvoir employer des ballons de verre d'une médiocre dimension, et, par conséquent, afin d'obtenir une rotation rapide, à laquelle il m'eût été impossible de soumettre des ballons volumineux, à cause de leur pesanteur. La tige grêle et flexible du convolvulus était attachée avec un fil à une tige de fer de peu de grosseur, que j'introduisis ensuite dans le ballon de verre, et dont je fixai les deux extrémités aux ouvertures opposées de ce ballon, dans lequel je mis seulement une ou deux cuillerées d'eau. Un second ballon de verre fut préparé de la même manière, et je plaçai ces deux ballons aux deux extrémités d'un même diamètre, sur une roue qui avait cinq décimètres de rayon, et qui faisait quarante révolutions par minute. Les tiges des plantes étaient perpendiculaires au plan de la roue, en sorte que pendant la rotation elles étaient toujours dans une situation horizontale; ainsi elles ne touchaient point à l'eau, qui occupait toujours la partie la plus déclive des ballons de verre; les feuilles n'y touchaient point non plus, cependant elles ne tardèrent point à être mouillées par l'eau vaporisée dans l'intérieur des ballons qui étaient hermétiquement bouchés, et cela suffit pour entretenir leur vie et leur fraîcheur. Les feuilles placées au hasard affectaient des directions variées par rapport au plan de rotation. Au bout de dix-huit heures, toutes les feuilles soumises à l'expérience avaient dirigé leur face supérieure vers le centre de la rotation, et par conséquent leur face inférieure se trouva dirigée vers la circonférence. Ce

retournement s'était opéré au moyen de la torsion ou de l'inflexion des pétioles. Je répétai cette expérience avec les feuilles à long pétiole du fraisier (*fragaria vesca*) et de la violette (*viola odorata*); je choisis pour cela les plus petites feuilles qu'il me fut possible de trouver, et n'en laissant que deux sur chaque pied, auquel j'avais conservé la racine, j'attachai cette dernière avec un fil à la tige de fer, que je plaçai ensuite dans l'intérieur de mes deux ballons de verre, disposés comme dans l'expérience précédente. Au bout de vingt-quatre heures de rotation par un temps très chaud, toutes les feuilles avaient dirigé leur face supérieure vers le centre, et par conséquent leur face inférieure vers la circonférence. J'observai ici un phénomène de plus que dans l'expérience précédente, c'est que les feuilles s'étaient rapprochées du centre au moyen de l'inflexion et de la tendance du sommet de leur pétiole vers ce point. Ce phénomène, entièrement vital, est tout-à-fait contraire aux lois ordinaires du mouvement; car, en soumettant au même mouvement de rotation un corps aussi pesant que le limbe de la feuille suspendu à un fil, ce corps se porterait vers la circonférence, en vertu de la force centrifuge. Il résulte de ces expériences que les deux faces opposées des feuilles possèdent des conditions vitales opposées dans leur nature, comme cela a lieu pour la plumule et la radicule des embryons séminaux. La face supérieure des feuilles possède les conditions vitales de la plumule, et se dirige comme elle vers le centre : la face inférieure des feuilles possède

des conditions vitales de la radicule, et se dirige comme elle vers la circonférence. Ainsi, la face inférieure des feuilles *obéit*, comme la radicule, au mouvement ou à la tendance qui l'influence ; leur face supérieure, au contraire, *réagit*, comme la plumule, contre ce mouvement ou contre cette tendance. Cela explique pourquoi les feuilles dirigent ordinairement leur face supérieure vers la lumière, c'est-à-dire dans le sens diamétralement opposé à celui du mouvement de cet agent, et pourquoi leur face inférieure fuit la lumière, c'est-à-dire se dirige dans le sens même du mouvement de cet agent ; il y a *obéissance* au mouvement dans la face inférieure, et *réaction* contre le mouvement dans la face supérieure. Si les feuilles se retournent aussi dans la plus profonde obscurité, cela provient évidemment de ce que la feuille est également en rapport avec la cause inconnue de la gravitation, dont la tendance de haut en bas détermine une *obéissance* de la part de la face inférieure, et une *réaction* de la part de la face supérieure. Ainsi, on peut établir comme un fait général que c'est le mouvement, ou la tendance au mouvement dans un sens déterminé, qui provoque la direction opposée des tiges et des racines et la direction opposée des deux faces des feuilles. C'est la gravitation, c'est la tendance en ligne droite vers le centre de la terre qui provoque l'ascension des tiges et le mouvement descendant des racines; c'est le mouvement en ligne droite de la lumière qui provoque la direction des tiges et de la face supérieure des feuilles

et des fleurs vers le lieu duquel cette lumière arrive, et qui porte en même temps la face inférieure des feuilles et des fleurs, de même que la radicule du gui à s'éloigner du lieu duquel la lumière émane.

J'ai fait voir, dans la section précédente, que les pétales des fleurs se comportent de la même manière que les feuilles; dans les directions spéciales qu'ils affectent, c'est toujours leur face la plus colorée qui se dirige vers la lumière. J'ai dit que lorsque les fleurs avaient habituellement leur face supérieure, ou plutôt leur partie intérieure dirigée vers la terre, cela provenait le plus souvent, moins de la faiblesse du pédoncule qui se ployait sous le poids de la fleur, que d'une tendance spéciale de la face intérieure de la fleur vers la terre. Pour m'assurer de la validité de cette opinion, j'ai soumis à une rotation rapide des tiges de bourrache chargées de fleurs et renfermées dans des ballons de verre. On sait que les fleurs de cette plante ont toujours leur face intérieure dirigée vers la terre; or l'extrême légèreté de ces fleurs ne permettait guère de croire que cet effet pût être dû à leur poids, sous lequel le pédoncule se fléchirait. Dans l'expérience dont il s'agit, il y avait trente-six révolutions par minute et trente-deux centimètres de rayon. Au bout de seize heures de rotation toutes les fleurs avaient dirigé leur face intérieure vers la circonférence, et cela au moyen de la torsion ou de l'inflexion des pédoncules; cette expérience me prouva que la direction de la face intérieure des fleurs de bourrache vers la terre est le résultat d'une ten-

dance spéciale pareille à celle de la radicule et à celle de la face inférieure des feuilles. Cependant cette face intérieure de la corolle de la bourrache ne paraît pas inférieure en coloration à la face opposée; j'attribue donc la direction vers la terre qu'elle présente constamment à l'existence dans cette corolle d'un nectaire incolore (*phycostème* de M. Turpin). Cet organe, incolore comme une racine, affecte, par cela même, une direction semblable, et produit la direction de la face intérieure de la corolle vers la terre dans l'état naturel, et vers la circonférence dans l'expérience précédente.

J'ai démontré plus haut, par des expériences décisives, que ce sont des mouvements spontanés qui opèrent la direction spéciale des caudex séminaux, ainsi que le retournement des feuilles; j'ai fait voir que ces mouvements spontanés sont exécutés à l'occasion de l'influence de certains agents extérieurs sur la nervimotilité des végétaux. Or nous voyons que sous l'influence d'un même agent nervimoteur la plumule et la radicule se dirigent dans des sens diamétralement opposés; ces deux parties, opposées par leur position, ont donc une nervimotilité différente, sinon dans sa nature, du moins dans quelques unes de ses conditions, puisque l'une tend à produire l'*obéissance* et l'autre la *réaction*, par rapport à un agent nervimoteur qui ne varie point. Il y a une nervimotilité, principe d'obéissance, et une nervimotilité, principe de réaction; ces deux modes opposés de la nervimotilité se trouvant placés dans des parties dia-

métralement opposées, nous ne pouvons nous dispenser de reconnaître là un phénomène tout-à-fait analogue à ce que l'on nomme la polarisation en physique. La nervimotilité, ou plutôt son agent inconnu, offre véritablement deux pôles chez les végétaux; les racines sont le siége du pôle *obéissant*, les tiges sont le siége du pôle *réagissant*. Ces mêmes pôles sont placés sur les deux faces opposées des feuilles: le *pôle réagissant* est placé sur la face qui se dirige ordinairement vers la lumière et vers le ciel; le *pôle obéissant* est placé sur la face qui se dirige vers la terre. Nous avons vu, dans la section précédente, que la différence de direction de ces parties, qui sont ici considérées comme des pôles différents, coïncide constamment avec une différence *en plus* et *en moins* de la coloration de ces parties. Le pôle obéissant est toujours inférieur en coloration au pôle réagissant; il y a par conséquent chez l'un excès de certaines conditions qui sont en moins chez l'autre; je suis porté à penser que ces différences visibles en plus et en moins coïncident avec des différences semblables, c'est-à-dire *en plus* et *en moins*, dans les conditions de la nervimotilité.

SECTION V.

OBSERVATIONS SUR LA STRUCTURE INTIME DES SYSTÈMES NERVEUX ET MUSCULAIRE, ET SUR LE MÉCANISME DE LA CONTRACTION CHEZ LES ANIMAUX [1].

L'étude de la physiologie végétale est presque généralement négligée par ceux qui s'occupent de la science des animaux; il est rare de même que les botanistes cultivent la physiologie animale. La science générale de la vie ne peut que perdre à cet isolement de deux sciences qui n'en font véritablement qu'une, et qui doivent mutuellement se fournir des lumières et se prêter des secours; car il est des problèmes de la physiologie animale dont on ne peut trouver la solution que dans l'étude des végétaux, et réciproquement il est des mystères de l'organisation végétale qui ne peuvent être dévoilés que par l'étude comparative de l'organisation animale. Nous avons déjà eu lieu de nous convaincre de cette vérité en étudiant l'anatomie de la sensitive: sans le secours de l'anatomie microscopique animale, la nature des organes que nous avons considérés comme nerveux dans cette plante

[1] Les résultats généraux des observations contenues dans cette section ont été communiqués à la Société philomatique, dans sa séance du 6 décembre 1823

nous eût été totalement inconnue. Actuellement nous allons porter nos recherches sur le phénomène de l'irritabilité animale, et nous serons puissamment aidés dans cette investigation par les notions que nous avons précédemment acquises sur l'irritabilité végétale; mais avant de nous livrer à cette étude il est nécessaire de connaître la structure intime des systèmes nerveux et musculaire.

Le système nerveux des animaux, observé dans ses éléments microscopiques, est essentiellement composé de corpuscules globuleux agglomérés; cette organisation est connue depuis long-temps par les recherches de Leuwenhoeck, par celles de Prochaska, et de Fontana; par les observations de sir Everard Home, de Bauer, des frères Wensel, et en dernier lieu par les observations de M. Milne Edwards. Ces corpuscules globuleux paraissent être des cellules d'une excessive petitesse, lesquels contiennent une substance médullaire ou nerveuse, substance qui est concrescible par l'action de la chaleur et par celle des acides. Cette opinion a été émise par sir Everard Home[1], qui l'a empruntée à MM. Joseph et Charles Wensel[2]; on ne pourra se dispenser de l'adopter quand on aura jeté les yeux sur la structure microscopique du cerveau des mollusques gastéropodes.

Le cerveau des mollusques gastéropodes, comme on le sait, est composé de deux *hémisphères*, si toutefois on peut donner ce nom aux deux parties

[1] *Philosophical Transactions*, 1818.

[2] *De penitiore structura cerebri hominis et brutorum.*

dont se compose ce corps symétrique. De ces deux hémisphères partent deux cordons nerveux qui embrassent l'œsophage, et se réunissent pour former un ganglion. Le cerveau est enveloppé par une membrane fibreuse dont on peut le dépouiller avec la pointe d'une aiguille et des pinces très fines; on obtient de cette manière le petit noyau pulpeux qui occupe le centre de chacun des hémisphères; cette opération, étant fort délicate, ne peut guère être faite que sur les grosses espèces; aussi est-ce exclusivement sur l'*helix pomatia*, et sur le *limax rufus* que j'ai fait ces observations. Les deux petits noyaux pulpeux qui composent essentiellement le cerveau de ces mollusques doivent être placés dans l'eau pour les examiner au microscope; car on ne peut faire d'observations délicates sur les tissus organiques qu'en les observant dans ce fluide; c'est ainsi que j'ai fait la plupart de mes observations microscopiques; je dois en outre prévenir les observateurs qui seraient curieux de les répéter, qu'ils ne doivent point se servir du microscope composé, mais du microscope simple, qui seul peut procurer une vision très nette et très distincte. Cette supériorité du microscope simple, sur le meilleur microscope composé, est connue depuis long-temps, mais je ne la croyais pas aussi considérable qu'elle l'est réellement; des lentilles de trois lignes à une ligne de foyer suffisent pour faire la plupart des observations qui vont être exposées, et auxquelles je m'empresse de revenir après petite digression.

Le petit noyau pulpeux qui forme chacun des hémisphères du cerveau, chez le *limax rufus* et chez l'*helix pomatia*, est composé de cellules globuleuses, agglomérées, sur les parois desquelles on voit une grande quantité de corpuscules globuleux ou ovoïdes, comme on le voit dans la figure 20. Ces corpuscules globuleux sont très évidemment de petites cellules remplies d'une substance médullaire ou nerveuse, demi-transparente, et cependant très sensiblement de couleur blanche. Les cellules globuleuses sur les parois desquelles ces corpuscules sont placés contiennent de même une substance médullaire nerveuse, laquelle, autant qu'on en peut juger au microscope, est d'une couleur un peu grisâtre et demi-transparente : ainsi ces deux substances nerveuses sont analogues aux deux substances grise et blanche que contient le cerveau des animaux vertébrés; il n'y a de particulier ici que la manière dont ces deux substances sont disposées l'une relativement à l'autre; la substance grise est contenue dans de grosses cellules globuleuses, la substance blanche est contenue dans de très petites cellules également globuleuses, et placées sur les parois des grosses cellules, auxquelles elles n'adhèrent que faiblement : elles s'en détachent assez facilement. Cette observation nous prouve que les corpuscules nerveux dont se compose le cerveau, et en général le système nerveux des animaux, sont véritablement des cellules remplies par la substance nerveuse proprement dite. Ces cellules sont adhérentes les unes aux autres, sans aucun *medium* ap-

parent, ainsi que l'ont pensé MM. Wensel pour les corpuscules vésiculaires dont est composé le cerveau des animaux vertébrés.

Les nerfs de l'*helix pomatia* et *grisea* offrent extérieurement une tunique celluleuse assez épaisse et demi-transparente; les cellules agglomérées qui composent cette tunique sont globuleuses et contiennent un fluide diaphane et incolore; les parois de ces cellules contiennent des corpuscules également diaphanes, comme on le voit dans la figure 21, *a*. Cette organisation est, quant à la forme, tout-à-fait semblable à celle que nous venons d'observer dans le cerveau (fig. 20); mais elle en diffère essentiellement par l'apparence et par la nature de la substance qui est contenue dans les cellules. Au centre du canal que forme cette enveloppe celluleuse est le nerf proprement dit, dont le tissu est représenté en *b* (fig. 21). Ce tissu est composé d'une immense quantité de corpuscules nerveux d'une excessive petitesse, adhérents à deux sortes de fibres, les unes longitudinales, et qui sont les plus grosses, les autres, d'une prodigieuse ténuité, qui sont distribuées irrégulièrement dans les intervalles des précédentes. J'ai observé que le nerf *b* pénètre seul dans l'intérieur des organes auxquels il se distribue; l'enveloppe celluleuse *a* se continue avec une enveloppe analogue, qui revêt tous les organes.

Chez la grenouille, les nerfs sont composés de corpuscules nerveux, transparents, adhérents à des fibres longitudinales, également transparentes. Pour

faire cette observation, il faut, avec la pointe d'une aiguille, diviser un nerf en filets aussi déliés qu'il est possible de le faire : de cette manière on sépare les fibres nerveuses les unes des autres. La figure 22 représente une seule de ces fibres considérablement grossie. Ces fibres paraissent être des tubes remplis d'un fluide diaphane; les corpuscules nerveux sont collés sur leur surface; la plupart du temps on ne voit d'une manière très distincte que les corpuscules qui sont situés sur les bords de la fibre, parcequ'ils forment une légère saillie qui aide à les distinguer; les corpuscules qui sont situés sur le milieu de la fibre s'aperçoivent plus difficilement, parceque leur transparence les confond avec la fibre, qui est transparente elle-même. Fontana [1] avait déjà annoncé que les nerfs sont composés d'un grand nombre de cylindres transparents; M. Milne Edwards pense que ces cylindres longitudinaux sont formés par la réunion d'un certain nombre de *fibres élémentaires*, qui elles-mêmes sont composées de globules placés à la file. Ici les illusions du microscope permettent difficilement de distinguer la vérité; cependant il m'a paru évident que ces cylindres longitudinaux ne sont point composés de *fibres élémentaires*, formées elles mêmes de globules alignés, ainsi que le pense M. Milne Edwards, mais que ce sont des cylindres d'une substance diaphane dont la surface est hérissée de corpuscules globuleux, lesquels tantôt sont en

[1] *Traité du venin de la vipère.*

contact et placés à la file, tantôt sont séparés les uns des autres. Comme ils couvrent toute la surface du cylindre, on est porté, dans l'observation microscopique, à croire qu'ils le composent intérieurement. Ainsi les nerfs de la grenouille me paraissent composés de filets transparents, environnés de corpuscules nerveux : cette organisation est surtout évidente dans les nerfs de l'*helix pomatia* (fig. 21), ainsi que nous venons de le voir. Ici les fibres sont très distinctes des corpuscules globuleux qui les environnent. Cette manière de voir est d'ailleurs singulièrement confirmée par l'induction analogique, qui nous montre, chez les végétaux, les corpuscules globuleux garnissant la surface des cylindres tubuleux; nous allons voir d'ailleurs, chez les animaux, un autre exemple bien évident de cette disposition : je n'hésite donc point à considérer les nerfs comme composés de deux éléments organiques ; savoir, des cylindres diaphanes et des corpuscules globuleux qui les environnent de toutes parts.

Le cerveau de la grenouille est entièrement composé par une agglomération de corpuscules nerveux semblables à ceux qui existent dans les nerfs ; quelques fibres diaphanes assez rares sont mêlées parmi ces corpuscules agglomérés : la figure 23 représente ce tissu intime du cerveau de la grenouille. Ainsi la substance du cerveau de ce reptile ne diffère de celle de ses nerfs que par une différente proportion des mêmes éléments organiques : les corpuscules nerveux abondent dans le cerveau, les fibres nerveuses y sont

rares; c'est le contraire dans les nerfs, qui offrent des fibres nombreuses et très développées, tandis que les corpuscules nerveux y sont plus rares qu'ils ne le sont dans le cerveau.

Les inductions physiologiques que l'on peut tirer des observations précédentes sont extrêmement importantes; en effet, nous voyons d'un côté le cerveau, organe éminemment destiné à la production de la puissance nerveuse, être éminemment composé de corpuscules nerveux; nous voyons d'un autre côté que les nerfs, qui sont éminemment destinés à la transmission de la puissance nerveuse, ou de la *nervimotion*, sont éminemment composés de fibres nerveuses; cela nous donne droit de conclure que les corpuscules nerveux sont les organes producteurs de la puissance nerveuse, et que les fibres nerveuses sont destinées à la transmission de la nervimotion. Nous avons vu que, chez les végétaux, la nervimotion est transmise par l'intermédiaire du liquide séveux; cela peut faire penser que les fibres *nerveuses* des animaux sont des tubes remplis d'un liquide particulier, et que c'est par l'intermédiaire de ce liquide que s'opère la transmission de la nervimotion.

Les polypes, comme on sait, n'ont point de nerfs; ils sont composés d'une substance en apparence homogène; cependant, comme ils manifestent, par leurs mouvements, qu'ils éprouvent l'influence des agents du dehors, on doit penser qu'ils possèdent des organes nerveux. Effectivement, dans la pulpe transparente et en apparence homogène qui les compose le

microscope fait apercevoir une grande quantité de granulations qui ressemblent tout-à-fait aux corpuscules nerveux des autres animaux, et encore plus à ceux des végétaux. Cette ressemblance peut autoriser à les reconnaître pour des organes nerveux épars dans tout le tissu organique : on se fera une idée de cette organisation en jetant les yeux sur la figure 24, qui représente un tronçon de l'un des bras d'une hydre. Ces corpuscules nerveux sont bien moins nombreux, et sont proportionnellement plus gros chez les polypes à bouquets (*vorticella convallaria*); ils occupent exclusivement la partie centrale des rameaux, comme on le voit dans la figure 29.

Les muscles, chez les animaux vertébrés, chez les crustacés et chez les insectes, sont composés de *fibres* ou de corps cylindriques filiformes auxquels on donne, par excellence, le nom de *fibres musculaires*. Ces fibres, comme chacun le sait, ont la propriété de se contracter, ou de se raccourcir dans le sens de leur longueur, en se ridant transversalement, et en devenant plus grosses qu'elles ne l'étaient dans leur état de relâchement. L'extrême petitesse de la fibre musculaire rend très difficile l'observation de sa structure intime. Leuwenhoeck [1] a cherché à observer cette structure chez divers quadrupèdes, chez les poissons et chez quelques crustacés. Le seul résultat de ses recherches est que la fibre musculaire est composée d'une grande quantité d'autres fibres

[1] *Transactions philosophiques*, 1674

plus petites, lesquelles sont réunies en faisceau par une membrane enveloppante commune. Dans les premières observations qu'il publia sur cette matière il affirma que les fibres musculaires étaient composées de globules; mais quelques années après, il revint sur cette assertion, et déclara que c'était une erreur. Cependant Hook affirma avoir observé ces globules dans les fibres musculaires des écrevisses et des crabes; il considérait chaque fibre comme *composée de filaments semblables à des fils chargés de perles.* Leuwenhoeck, auquel il fit part de cette observation, la répéta et continua d'affirmer que ces globules n'étaient autre chose que les plis transversaux des fibres, et que cette apparence de petites boules était causée par la chute variée de la lumière sur ces plis plus ou moins élevés [1]. Dans cette circonstance Leuwenhoeck, malgré son grand talent pour les observations microscopiques, a méconnu une vérité qu'il avait d'abord entrevue; en effet, les observations rapportées par sir Everard Home [2] ne laissent point de doute à cet égard. Ces observations, qui sont dues à M. Bauer, et qui ont été faites sur les fibres musculaires de l'estomac humain, et sur celles du mouton, du lapin et du saumon, prouvent que ces fibres sont composées de globules placés à la suite les uns des autres, et qui sont de la grosseur des globules sanguins. Cette dé-

[1] Lettre à Hook, insérée dans la *Collection philosophique* de ce dernier.

[2] *Philosophical Transactions*, 1818.

couverte a été confirmée par les recherches de MM. Prevost et Dumas [1], qui affirment avoir vu la même chose chez les mammifères, les oiseaux et les poissons; mais malheureusement ils ne donnent aucun détail à cet égard. La même structure a été vue depuis par M. Milne Edwards. Ici je m'arrête un instant pour présenter une réflexion. Le mot *fibre* est peut-être un de ceux dont on a le plus abusé en anatomie, aussi ne représente-t-il aucune idée exacte; on donne, en général, ce nom à tous les corps organiques linéaires et très déliés. D'après cette définition, on voit que le mot fibre n'est, pour ainsi dire, qu'une expression provisoire dont on se sert en attendant que l'on connaisse exactement la nature véritable de l'organe linéaire que l'on désigne sous ce nom. Ce que l'on appelle proprement les *fibres musculaires* sont des corps cylindriques filiformes qui, par leur réunion en nombre immense, forment les muscles dont ils sont les parties intégrantes, mais ces fibres ne sont point des corps simples, elles ont une organisation intérieure qu'il est essentiel de dévoiler; c'est ce qu'ont tenté de faire les derniers observateurs que je viens de citer, et le résultat de leurs recherches a été que les *fibres musculaires* étaient composées de globules placés à la file. Ainsi voilà l'expression, *fibre musculaire*, employée par les anatomistes pour désigner des objets essentiellement différents, car il est évident que ce n'est pas de la fibre

[1] *Examen du sang*, etc.

musculaire intégrante que ces observateurs ont voulu parler, mais des organes filiformes qui s'observent dans le tissu intime de cette fibre, ou des fibres musculaires *constituantes*, si je puis employer cette expression; je crois donc que, pour rétablir l'ordre et la clarté dans cette discussion, il est nécessaire de réserver exclusivement le nom de *fibre musculaire* aux organes filiformes qui composent immédiatement les muscles, et de donner le nom de *fibrilles musculaires* aux organes filiformes plus petits que l'on observe dans le tissu intime des fibres musculaires, et dont on ne distingue point l'organisation; enfin, je propose de désigner les assemblages rectilignes de corpuscules globuleux que l'on observe dans le tissu intime des organes musculaires, par cette expression, *corpuscules musculaires articulés*.

Ce n'est point chez les animaux vertébrés qu'il est facile d'apercevoir la structure intime de la fibre musculaire, mais on la découvre assez facilement chez plusieurs animaux des classes inférieures, par exemple, chez l'écrevisse (*astacus fluviatilis*. Fab.). Pour faire cette observation, il faut prendre des fibres musculaires dans la queue de l'animal, et les diviser en parties extrêmement fines avec la pointe d'une aiguille; de cette manière, on met à découvert le tissu intérieur de ces fibres, et le microscope fait voir que ce tissu est composé de fibrilles transparentes disposées longitudinalement, et dans les intervalles desquelles il existe une grande quantité de globules transparents; ces globules sont tellement semblables

par leur forme et par leur position aux corpuscules nerveux que couvrent les fibres nerveuses, que j'aurais pu être porté à leur donner le même nom, si des observations qui seront rapportées plus bas ne m'avaient éclairé sur la véritable nature de ces globules, que je désignerai sous le nom de *corpuscules musculaires*. Ces corpuscules, remplis d'un fluide diaphane, sont intercalés aux fibrilles et appliqués sur leur surface, à laquelle cependant ils ne paraissent adhérer que faiblement, car on aperçoit des fibrilles qui en sont entièrement dépourvues ; ce sont ces fibrilles et ces corpuscules musculaires qui constituent par leur assemblage le tissu de la fibre musculaire ; je désignerai ce tissu sous le nom de *tissu musculaire fibrillo-corpusculaire*.

Les muscles sont composés de fibres chez les animaux vertébrés, chez les crustacés et les insectes; mais il n'en est pas de même chez les mollusques, du moins à en juger par les gastéropodes : chez eux, les muscles ne sont point composés de *fibres musculaires*, dans le sens que nous venons de donner à cette expression ; ils sont composés immédiatement de tissu musculaire *fibrillo-corpusculaire*. Cette organisation est très facile à voir chez *l'helix pomatia*; il faut prendre pour cela un des muscles fort allongés qui servent à rentrer l'animal dans sa coquille; on le place dans l'eau, et avec la pointe d'une aiguille on le divise en filets déliés que l'on soumet au microscope; on voit que le corps du muscle est immédiatement composé de fibrilles transparentes qui portent des

corpuscules musculaires, adhérents à leur surface. La figure 25 représente cette organisation. On voit très distinctement que les corpuscules musculaires ne ne font point corps avec les fibrilles; ils s'en détachent même assez facilement. Cette observation, très facile à faire, ne peut laisser aucun doute dans l'esprit de l'observateur, relativement à la position des corpuscules globuleux, à la surface des fibrilles qui, elles-mêmes, ne se présentent que comme des corps diaphanes homogènes; ce fait est complètement en harmonie avec ce que j'ai exposé plus haut touchant la structure de la fibre nerveuse, que j'ai considérée comme un corps cylindrique, diaphane et homogène, dont la surface est couverte de corpuscules globuleux; j'ai fait remarquer alors que cette organisation s'observe jusque dans le règne végétal.

Le cœur des animaux est, en général, l'organe musculaire dont l'organisation intime offre le moins de difficultés pour l'observation microscopique. Aussi est-ce sur le tissu de cet organe que j'ai spécialement fait mes observations; c'est surtout chez les animaux des classes inférieures que la structure intime du cœur est facile à voir. En général, on n'y rencontre point de *fibres musculaires* proprement dites, mais seulement des fibrilles et des corpuscules musculaires. Le cœur de l'écrevisse, par exemple, est entièrement composé de tissu musculaire fibrillo-corpusculaire; mais ici les corpuscules musculaires abondent et les fibrilles sont assez rares; de plus, les

corpuscules musculaires, que nous n'avons encore observés que dans un ordre confus et sans aucun rapport immédiat entre eux, affectent ici la disposition en séries longitudinales; ils forment ce que je nomme des *corpuscules musculaires articulés*. C'est cette disposition des corpuscules en séries rectilignes qui a été observée par M. Bauer, par MM. Prevost et Dumas, et par M. Milne Edwards, chez d'autres animaux. J'indique ici le cœur de l'écrevisse comme l'un des organes musculaires où cette organisation est le plus facile à apercevoir.

Le cœur de la grenouille n'est point non plus composé de fibres musculaires proprement dites, comme le sont les autres muscles de ce reptile; il est immédiatement composé de tissu musculaire fibrillo-corpusculaire. La figure 27 représente ce tissu intime du cœur de la grenouille; on voit qu'il est entièrement composé de fibrilles tortueuses extrêmement déliées et transparentes, dans les intervalles desquelles il existe une grande quantité de corpuscules musculaires transparents. Les fibrilles disparaissent tout-à-fait dans le cœur des mollusques gastéropodes; en effet, chez l'*helix pomatia* et chez le *limax rufus*, le cœur est entièrement composé de corpuscules musculaires agglomérés; ces corpuscules forment tantôt des séries longitudinales, tantôt des agrégats membraneux dans lesquels on ne distingue aucune disposition de ces corpuscules en ligne droite; leur ordre d'agrégation est tout-à-fait confus. Cette observation prouve que l'existence des fibrilles, et même

celle des organes linéaires, en général, n'est pas indispensable pour le mouvement musculaire, puisque nous voyons ici ce mouvement exécuté par un tissu composé de corpuscules musculaires agrégés dans un ordre confus. Je donne à ce tissu musculaire, dans lequel il n'existe point de fibrilles, le nom de *tissu musculaire corpusculaire.* Il y a grande apparence que les fibrilles, dont on ne peut apercevoir la structure intime, sont composées de ce tissu musculaire corpusculaire, soit articulé, soit confus, mais d'une telle petitesse qu'il échappe à nos yeux armés des meilleurs microscopes.

Après avoir étudié la structure intime du tissu musculaire, j'ai fait plusieurs tentatives pour découvrir le mécanisme du mouvement qui lui est propre, c'est-à-dire du mouvement de contraction. Les insectes m'ont paru devoir se prêter avec plus de facilité que d'autres animaux à ce genre d'observations, parceque plusieurs d'entre eux ont leurs fibres musculaires complètement isolées les unes des autres; tel est, par exemple, le cerf-volant, *lucanus cervus.* Les fibres musculaires de cet insecte sont fort grosses, et ne sont point liées les unes aux autres par du tissu cellulaire. C'est à tort, pour le dire en passant, que l'on a prétendu que cette organisation était générale chez les insectes; chez la plupart d'entre eux, en effet, j'ai vu les fibres musculaires liées entre elles par du tissu cellulaire, comme cela a lieu chez les animaux des autres classes.

Pour observer au microscope la contraction des

fibres musculaires chez le cerf-volant, j'enlevais avec un rasoir une partie du corselet sur un de ces insectes vivant. De cette manière, je mettais à découvert les muscles du thorax, et je pouvais observer l'action de celles de leurs fibres qui n'avaient point perdu leurs points d'attache par cette opération. Je n'ai vu, dans cette observation, que ce qui est connu depuis long-temps; savoir, que les fibres musculaires, en se contractant, rentrent, pour ainsi dire, en elles-mêmes; elles deviennent plus grosses qu'elles ne l'étaient dans l'état de relâchement, et elles se couvrent en même temps de plis transversaux plus ou moins irréguliers. La figure 26 représente une de ces fibres musculaires du cerf-volant, la portion *a* est dans l'état de contraction, la portion *b* dans l'état de relâchement. On voit que les plis sont extrêmement rapprochés et multipliés sur la portion contractée, dont la grosseur est beaucoup plus considérable que ne l'est celle de la portion relâchée. J'ai répété ces observations sur les muscles du thorax de plusieurs autres insectes, et j'ai vu partout que les fibres musculaires se comportaient de la même manière. Ainsi il me fut démontré que le mouvement de contraction de la fibre dépend d'un mécanisme intérieur qu'il n'est point possible d'apercevoir dans ces organes, à cause de leur défaut de transparence. Je résolus donc de diriger mes recherches sur les organes musculaires qui n'ont point de *fibres*, mais dont le tissu, considéré dans son entier, est composé comme le sont intérieurement les fibres musculaires proprement

dites; nous venons de voir que telle était l'organisation du cœur chez les batraciens et chez les mollusques gastéropodes. Chez les premiers, le cœur est composé de tissu musculaire fibrillo-corpusculaire; chez les seconds, cet organe est entièrement composé de tissu musculaire corpusculaire; mais ici il existe pour l'observation une très grande difficulté. On ne peut observer au microscope le tissu du cœur de ces animaux que dans l'état de mort: en effet, cet organe étant toujours dépourvu de transparence, et d'ailleurs étant trop épais, ne peut être observé au microscope pendant la vie; il faut, pour observer son tissu intime, qui est le siége du mouvement de contraction, il faut, dis-je, le lacinier en parcelles d'une extrême petitesse, qui cessent d'être vivantes par le seul fait de cette opération; ainsi, il faut renoncer à observer au microscope la contraction du tissu intime des organes musculaires pendant la vie, mais il existe des moyens par lesquels on peut solliciter cette contraction dans les plus petites parcelles du tissu musculaire détaché de l'animal, et qui par conséquent n'est plus sous l'influence vitale de ce dernier. On sait, par exemple, que les acides provoquent énergiquement le mouvement de contraction tant pendant la vie qu'après la mort; on connaît leur action styptique: nul doute que la contraction qu'ils produisent en pareils cas sur le corps vivant ne soit une action vitale. Il reste à déterminer si le mouvement qu'ils produisent dans les organes musculaires privés de la vie est aussi une contraction, et si le

mécanisme de cette contraction est semblable à celui de la contraction musculaire vitale. Pour résoudre ce problème, j'ai fait l'expérience suivante : j'ai pris un muscle long de l'*helix pomatia*, je l'ai fixé solidement par l'une de ses extrémités, avec épingle, sur une lame de cire, puis l'ayant un peu alongé, pour détruire la contraction, je l'ai fixé, ainsi distendu, sur la lame de cire, au moyen d'une seconde épingle placée à son autre extrémité, et enfoncée dans la cire d'une manière peu solide, afin qu'elle pût s'arracher au moindre effort. J'ai couvert le muscle ainsi disposé d'une petite nappe d'eau, à laquelle j'ai ajouté ensuite une petite goutte d'acide nitrique. Un instant après cette addition le muscle s'est contracté, et a arraché l'épingle qui fixait peu solidement l'une de ses extrémités. Cette expérience me prouva que l'action des acides détermine, après la mort, dans le tissu musculaire, une contraction qui, par elle-même, ne diffère point de la contraction qui a lieu pendant la vie, mais qui en diffère seulement par sa cause déterminante. Cette similitude de l'action musculaire sous l'influence intérieure d'une cause vitale, et sous l'influence extérieure des acides me fut encore démontrée par l'expérience suivante : ayant mis à nu les muscles de la cuisse d'une grenouille vivante, j'en arrachai quelques fibres avec des pinces très fines. En examinant au microscope ces fibres, placées dans de l'eau, je les vis se courber et se pelotonner les unes sur les autres, comme auraient fait des vermisseaux. Ce mouvement des fibres était quelquefois assez

rapide, d'autres fois il était d'une grande lenteur. Si dans ce dernier cas j'ajoutais une goutte d'acide à l'eau, je voyais à l'instant les fibres se ployer avec vivacité; ainsi, il est évident que l'influence des acides détermine dans les fibres musculaires des mouvements entièrement semblables à ceux qu'elles exécutent spontanément sous l'influence vitale. Je regarderai donc désormais cette proposition comme démontrée, et je reviens à la dernière expérience qui vient d'être exposée. Les fibres musculaires, séparées des muscles auxquels elles appartiennent, et plongées dans l'eau, tendent à se ployer ou à *s'incurver*. Ce mouvement est le résultat d'une propriété vitale particulière de la fibre; car il n'y a certainement là ni *sensation* déterminante de ce mouvement, ni *volonté* pour l'exécuter. Si donc la fibre s'incurve spontanément, cela prouve qu'il existe dans le tissu qui la constitue une disposition qui fait, ou que ce tissu se *contracte* du côté qui devient concave, ou que ce même tissu se dilate du côté convexe; peut-être ces deux états opposés du tissu de la fibre existent-ils à la fois; toujours en résulte-t-il qu'il existe dans la fibre une tendance au mouvement d'un seul côté, tendance de laquelle résulte son *incurvation*. Pendant que j'observais des fibres isolées qui venaient de s'incurver, il me vint dans l'idée d'ajouter une goutte de solution aqueuse de potasse caustique à l'eau dans laquelle ces fibres flottaient; à l'instant de cette addition, je vis les fibres qui étaient alors immobiles dans leur état d'incurvation se déployer rapidement et demeurer

ensuite immobiles dans cet état de redressement. J'ajoutai alors une goutte d'acide à l'eau; à l'instant les fibres s'incurvèrent de nouveau. J'ai répété un grand nombre de fois ces expériences, qui m'ont constamment donné les mêmes résultats. Ainsi, les acides déterminent l'incurvation des fibres musculaires, et les alkalis déterminent leur redressement ou la cessation de l'incurvation. Quelquefois les fibres exécutent spontanément, et sous la seule influence de la vie qui les anime, ces mouvements alternatifs d'incurvation et de redressement. J'ai observé ces phénomènes, non seulement dans les fibres musculaires de la grenouille, mais aussi dans celles de plusieurs insectes. Ainsi je ne doute point que l'incurvation de la fibre musculaire ne coopère pendant la vie au raccourcissement des muscles, et qu'elle ne soit ainsi l'auxiliaire de la contraction de cette même fibre.

Nous allons actuellement nous livrer à l'étude de ce dernier mouvement que nous allons observer d'abord dans le tissu du cœur de la grenouille. Cet organe, comme nous venons de le voir, est composé de fibrilles et de corpuscules musculaires. Quel est le rôle que jouent ces deux sortes d'organes dans le phénomène de la contraction On regardera sans doute comme fort probable que les fibrilles se contractent comme les fibres, c'est-à-dire qu'elles rentrent en elles-mêmes en acquérant de la grosseur aux dépens de leur longueur. Mais cette contraction des fibrilles, quoique probable, n'est point prouvée; elles sont si petites qu'on ne peut point apercevoir leurs plis trans-

versaux, si elles en possèdent, comme on aperçoit ceux de la fibre musculaire. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'on ne les voit point se raccourcir dans le sens de leur longueur sous l'influence des acides; on les voit seulement *s'incurver;* je m'en suis assuré par l'expérience suivante : ayant mis des fragments laciniés du cœur de grenouille dans un petit cristal de montre rempli d'eau, je les ai soumis au microscope: quelques fibrilles flottantes dans l'eau débordaient le pourtour de ces fragments laciniés, comme on le voit en *u* (figure 27). Je pris alors une petite goutte d'acide avec la pointe d'un cure-dent, et je la mis légèrement dans l'eau du cristal de montre; je mis à l'instant l'œil au microscope, et bientôt après je vis très distinctement les fibrilles flottantes se courber rapidement en demi-cercle; les fibrilles de l'intérieur du fragment musculaire s'incurvèrent de la même manière, et il en résulta un racourcissement accompagné de gonflement dans la petite portion de tissu musculaire que j'observais. Je ne pus voir quel était, dans cette circonstance, le jeu des corpuscules musculaires intercalés en grand nombre aux fibrilles : toujours résulte-t-il de cette observation que c'est en s'incurvant que les fibrilles opèrent la contraction du tissu musculaire fibrillo-corpusculaire, c'est-à-dire le raccourcissement accompagné de gonflement qui constitue cette contraction. Le cœur des mollusques gastéropodes étant entièrement composé de corpuscules musculaires, cet organe pouvait seul me dévoiler le mécanisme de la contraction dans le tissu muscu-

aire corpusculaire; je m'empressai donc de le soumettre à l'expérience. Je pris le cœur d'une limace (*limax rufus*), et l'ayant lacinié dans l'eau en parcelles fort petites avec la pointe d'une aiguille, je plaçai quelques unes de ces parcelles dans un petit cristal de montre rempli d'eau, et je les soumis au microscope : ayant ajouté une goutte d'acide nitrique à l'eau, je vis bientôt les fragments de cœur que j'observais se contracter; mais il ne me fut point d'abord possible de distinguer le mécanisme de cette contraction; je voyais seulement ce tissu se resserrer sur lui-même, et par là devenir plus épais. Je découvrais dans ce tissu, entièrement composé de corpuscules globuleux d'une extrême petitesse, des lignes parallèles, comme on le voit dans la figure 28. Je jugeai que ces lignes parallèles obscures n'étaient point des fibrilles comme on aurait pu le croire, mais que c'étaient des plis formés par la membrane qui résultait de l'agglomération des corpuscules musculaires; en effet, lors de la contraction, je voyais ces lignes conserver leur longueur première, et le mouvement de contraction resserrer le tissu que j'observais dans le sens *b c*. Ce soupçon fut confirmé par l'expérience suivante : ayant soumis au microscope un autre fragment de cœur de limace qui offrait la même disposition, j'ajoutai une petite goutte de solution aqueuse de potasse caustique à l'eau du cristal de montre dans lequel était ce fragment. Bientôt je vis les lignes parallèles disparaître au voisinage des bords du fragment; il s'opéra un véritable déplissement, au moyen

duquel le fragment musculaire membraniforme prit une étendue plus grande que celle qu'il possédait auparavant, et cessa de présenter des lignes parallèles, comme on le voit en *a* (figure 28). Ce fait me confirma ce que j'avais précédemment observé, touchant la propriété qu'ont les alkalis de déployer les organes musculaires incurvés; car le plissement observé dans cette circonstance est une véritable incurvation dont les courbures sont dirigées dans des sens alternativement inverses. Les choses étant dans cet état, j'ajoutai une goutte d'acide nitrique à l'eau du cristal; un instant après, je vis la membrane déplissée *a* se resserrer sur elle-même, et se plisser de nouveau de la même manière qu'elle l'était auparavant, offrant par conséquent des lignes parallèles obscures qui n'étaient autre chose que des plis. Je recommençai cette expérience sur un autre fragment de cœur de limace, en employant pour déplisser son tissu une goutte d'ammoniaque ajoutée à l'eau dans laquelle flottait ce fragment; j'obtins le même effet qu'avec la solution de potasse caustique: l'incurvation sinueuse de ce tissu fut détruite par cet alkali, et je la rétablis ensuite au moyen d'une petite goutte d'acide sulfurique ajoutée de même à l'eau. Il me fut prouvé de cette manière que, dans le tissu musculaire corpusculaire, la contraction consiste dans une *incurvation sinueuse* de ce tissu, lequel forme de cette manière des plis extrêmement fins.

Ces expériences achevèrent en outre de me prouver que les alkalis ont la propriété de faire cesser

l'incurvation du tissu musculaire, comme les acides ont la propriété de provoquer cette incurvation.

Pour opérer d'une manière heureuse le déplissement du tissu musculaire du cœur de la limace, il faut que la dose de solution alkaline ne soit point trop forte, car elle opérerait la dissolution complète de ce tissu, qui disparaîtrait tout-à-fait; mais il est une dose d'alkali qui, trop forte pour opérer le simple déplissement, est trop faible pour opérer la dissolution complète et la disparution des corpuscules musculaires. Alors, selon la dose de l'alkali, il y a, en sus du déplissement, tantôt écartement léger des corpuscules musculaires, tantôt dissociation complète de ces corpuscules; mais, je le répète, sans dissolution. Cependant cette dernière ne tarderait pas à s'opérer, dans cette circonstance, si l'on tardait un peu à faire l'expérience qui va suivre. Lorsque l'alkali, après avoir opéré le déplissement du tissu musculaire, eut en outre un peu écarté les uns des autres les corpuscules qui constituaient ce tissu, j'ajoutai une goutte d'acide nitrique à l'eau; un instant après, je vis ce tissu musculaire corpusculaire se resserrer sur lui-même, mais sans offrir aucun plissement; ce resserrement ou cette contraction consistait ainsi dans un simple rapprochement des corpuscules musculaires, qui auparavant étaient lâchement unis; mais non dissociés. Dans une autre expérience du même genre, j'augmentai un peu la dose de l'alkali; alors il y eut dissociation des corpuscules musculaires, lesquels, quittant leur adhésion mutuelle, se répandirent comme

un fluide sur le fond du cristal, toutefois en conservant leur forme globuleuse; je me hâtai d'ajouter une goutte d'acide nitrique à l'eau, et dans l'instant je vis cette couche fluide, composée de corpuscules dissociés, se *coaguler;* les corpuscules se précipitèrent les uns sur les autres et s'agglomérèrent de la même manière que cela a lieu dans la coagulation du sang, où l'on voit aussi des corpuscules globuleux dissociés se réunir et s'agglomérer.

Ces observations sont fécondes en résultats : elles prouvent, 1° que le resserrement du tissu musculaire qui constitue la contraction dépend d'une double cause, c'est-à-dire d'un rapprochement corpusculaire et du plissement ou de l'incurvation sinueuse de ce tissu ; 2° que la contraction et la coagulation sont des degrés différents d'un seul et même phénomène; 3° que les alkalis ont la propriété de faire cesser la contraction musculaire; on sait depuis long-temps que les acides ont la propriété de provoquer cette même contraction; et il est à remarquer que les acides produisent également la contraction des solides et la coagulation des fluides, et que les alkalis, au contraire, détruisent ce double effet. Nous allons étudier successivement ces résultats généraux, qui vont nous conduire à quelques autres résultats secondaires.

L'observation nous a démontré que la contraction des fibrilles et celle du tissu musculaire corpusculaire consistent dans un plissement ou dans une incurvation sinueuse; or, comme les fibres musculaires proprement dites sont composées de fibrilles et de

corpuscules musculaires, il en résulte que leur contraction résulte du plissement extrêmement fin ou de l'incurvation sinueuse du tissu qui les compose intérieurement. Nous avons vu que le cœur des mollusques gastéropodes ne contenait point de fibres, mais qu'il était entièrement composé de corpuscules musculaires agglomérés de manière à former un tissu membraneux; ainsi il demeure prouvé que la contraction ne s'opère pas exclusivement avec des organes linéaires appelés *fibres*, mais qu'elle s'opère aussi avec des organes membraneux formés par la réunion d'une grande quantité de corpuscules musculaires agglomérés. Le gonflement que présente le tissu musculaire contracté provient de son incurvation sinueuse, qui produit le plissement extrêmement fin des parties intimes de ce tissu. On conçoit en effet qu'un fil ou qu'une membrane qui possèdent des plis qui les raccourcissent, doivent, par cela même, offrir, dans leur masse ainsi plissée, une augmentation dans le diamètre transversal de cette masse. Les plis transversaux que l'on observe à la surface des fibres musculaires contractées sont le résultat de l'incurvation sinueuse des fibrilles superficielles de la fibre; les fibrilles intérieures de cette même fibre possèdent indubitablement la même incurvation sinueuse, à plis extrêmement fins, laquelle opère leur raccourcissement, et par conséquent celui de la fibre qu'elles forment par leur assemblage.

Il résulte des observations qui ont été précédemment exposées, qu'il y a deux sortes de contractions; l'une qui résulte du rapprochement des cor-

puscules musculaires, l'autre qui résulte de l'incurvation du tissu que ces corpuscules forment par leur agglomération. La première de ces deux contractions est, par sa nature même, extrêmement bornée; elle ne pourrait pas produire le raccourcissement considérable que l'on observe dans les organes musculaires, raccourcissement qui réduit quelquefois le muscle au cinquième de la longueur qu'il offre dans son état de relâchement, ainsi que je l'ai vu dans les muscles qui servent à opérer la rentrée de l'œil pédonculé des escargots. Il fallait, pour opérer un raccourcissement aussi considérable, un autre mécanisme que celui qui résulte du rapprochement simple et uniforme des corpuscules musculaires; c'est ce que la nature a fait en employant l'incurvation sinueuse, incurvation qui est produite par un rapprochement inégal des corpuscules dans les différentes parties du tissu. Ce rapprochement existe spécialement et peut-être exclusivement au côté concave; en effet, le seul fait de la courbure prouve qu'il y a rapprochement des parties constituantes du tissu, spécialement dans l'endroit où existe la concavité de cette courbure. Ainsi, l'incurvation dépend de ce que la cause qui produit l'attraction corpusculaire, ou le resserrement, n'agit que sur un seul côté du tissu organique; n'y aurait-il point là une sorte de polarisation transversale, en vertu de laquelle les deux côtés opposés de la partie incurvée seraient modifiés en sens inverse l'un de l'autre? Mais ceci est une pure hypothèse, et je ne m'y arrête pas. Quoi qu'il en soit, le résultat positif que l'on

peut tirer des observations qui viennent d'être exposées, est qu'il existe dans le tissu organique une force de resserrement ou de rapprochement corpusculaire, force qui peut être mise en jeu par divers agents. C'est l'emploi de cette force suivant un mécanisme particulier qui produit l'incurvation du tissu organique, incurvation qui produit à son tour des mouvements d'une étendue à laquelle ne pourrait point arriver le rapprochement corpusculaire tout seul. Ainsi ce que l'on appelle la contraction n'est point un phénomène simple; c'est un phénomène complexe, composé du rapprochement corpusculaire et de *l'incurvation*, qui résulte elle-même de l'emploi de ce rapprochement corpusculaire, suivant un mécanisme particulier. Cette incurvation sinueuse est, chez les animaux proprement dits, un phénomène caché dans l'intérieur des organes et soustrait la plupart du temps à nos yeux armés des meilleurs microscopes; mais, chez quelques zoophytes, ce phénomène devient tout-à-fait extérieur, et peut être aperçu presque sans aucune difficulté. Ainsi, chez les vorticelles ou polypes à bouquets (*vorticella convallaria*), on observe des contractions extrêmement rapides qui se répètent à chaque instant; ce sont les rameaux qui portent les polypes qui se contractent ainsi, et qui se relâchent alternativement. On ignore le but de ce mouvement spasmodique continuel; il est fort curieux à observer au microscope: on voit ces rameaux, dont la ténuité est très considérable, prendre avec rapidité une incurvation sinueuse, comme on le voit en

a (figure 29); cette incurvation cesse un instant après, et le rameau *relâché* reprend sa rectitude, comme on le voit en *b;* puis il recommence à se contracter, et ainsi de suite. Ces polypes nous offrent ainsi à découvert, et en dehors, le mécanisme de la contraction, qu'il faut chercher dans l'intérieur des organes des autres animaux. Les bras des hydres offrent de même une incurvation sinueuse, dont les courbures offrent des directions très variées; c'est par le moyen de ces courbures multipliées que ces bras, en se pelotonnant, pour ainsi dire, portent vers la bouche de l'animal la proie qu'ils ont saisie. Dans cette incurvation sinueuse, les bras de l'hydre ne deviennent point plus gros qu'ils ne l'étaient auparavant. Cette incurvation, dans laquelle consiste essentiellement le mouvement musculaire, est évidemment un phénomène tout-à-fait semblable à celui de l'incurvation qu'offrent diverses parties des végétaux; les recherches qui ont été exposées plus haut nous ont appris, en effet, que le mécanisme du mouvement exécuté par les bourrelets de la sensitive consiste dans une incurvation élastique, dont la puissance nerveuse mise en jeu par les agents du dehors est cause occasionelle, et à laquelle succède, après un certain temps, un redressement qui n'est autre chose que la cessation de cette incurvation; il en est de même de toutes les parties des végétaux qui exécutent des mouvements visibles; car nous avons vu plus haut que tous ces mouvements, sans exception, c'est-à-dire non seulement ceux des végétaux que l'on appelle

irritables par excellence, mais aussi les mouvements par lesquels les végétaux prennent des positions de *sommeil* ou de *réveil*, ceux par lesquels les vrilles s'attachent à leurs appuis, etc., sont tous les résultats d'une *incurvation*. Chez les végétaux, ce phénomène se montre au dehors et dans toute sa simplicité; chez eux l'incurvation est le plus souvent *simple*, c'est-à-dire à courbure unique; tandis que généralement, chez les animaux, ce même phénomène est, pour ainsi dire, *masqué*; son mécanisme est caché dans l'intérieur des organes, et de plus, chez eux, l'incurvation est presque toujours sinueuse; car je n'ai observé l'incurvation simple, ou à courbure unique, que dans la fibre musculaire considérée dans son entier. Nous avons vu, en effet, que cette fibre jouit à la fois de la faculté de se contracter et de celle de s'incurver en demi-cercle; il résulte de ce rapprochement de faits que l'*irritabilité animale* et l'*irritabilité végétale* sont deux phénomènes essentiellement identiques; elles dépendent l'une comme l'autre de l'*incurvabilité* du tissu organique, ou de la faculté vitale que possède ce tissu de se courber et de se maintenir dans cet état de courbure d'une manière élastique. Les notions que nous venons d'acquérir sur la cause de cette incurvation chez les animaux nous mettent à même de rechercher la cause de l'incurvation végétale; recherche que nous avons été contraints d'abandonner plus haut, faute de points de comparaison. Nous venons de voir que le tissu musculaire est essentiellement composé de corpus-

cules vésiculaires agglomérés, tantôt de manière à former des organes linéaires, tantôt d'une manière confuse, et que ces corpuscules ont cela de particulier, qu'ils sont solubles dans les acides; ce qui les distingue essentiellement des corpuscules nerveux, qui sont insolubles dans ces agents chimiques. Or, dans l'examen que nous avons fait plus haut du tissu organique des bourrelets de la sensitive (fig. 16), nous avons vu que ce tissu offre une grande quantité de cellules globuleuses alignées, et remplies d'un fluide concrescible par l'acide nitrique froid, et soluble dans le même acide chaud; ces cellules globuleuses sont donc de véritables *corpuscules musculaires*, plus gros que ceux des muscles des animaux, mais essentiellement semblables à ces derniers par leur alignement, et surtout par leurs propriétés chimiques; en effet, les corpuscules musculaires des animaux sont rendus opaques par les acides avant d'être dissous par eux, comme cela a lieu pour les cellules globuleuses des bourrelets de la sensitive. Or, comme le phénomène de l'incurvation est essentiellement le même chez les végétaux et chez les animaux, il en résulte que cette incurvation dérive également chez les uns et chez les autres d'un rapprochement corpusculaire qui n'a lieu que d'un seul côté. Les corpuscules musculaires, ou les cellules globuleuses des bourrelets de la sensitive, ne sont point en effet en contact immédiat, ainsi que nous l'avons vu; ils peuvent par conséquent éprouver un rapprochement suffisant pour produire l'incurvation que l'on observe dans le tissu de ces bourrelets, et

s'éloigner de nouveau lors du redressement de ces organes; il résulte de là que, sans posséder de véritables muscles, la sensitive possède réellement le tissu musculaire élémentaire, c'est-à-dire des corpuscules musculaires organes de l'incurvation; c'est ainsi que, sans posséder de véritables nerfs, cette même plante possède les éléments du système nerveux, c'es-à-dire des corpuscules nerveux, qui du reste se rencontrent également chez tous les autres végétaux.

L'incurvation vitale, celle qui a lieu sous l'influence de la puissance nerveuse, est ordinairement un phénomène de peu de durée; la partie *incurvée* retourne plus ou moins promptement à l'état de redressement, qui, chez les animaux, constitue l'état de *relâchement*; les alternatives d'incurvation et de redressement ont lieu à des intervalles de temps assez considérables chez les végétaux. Une feuille de sensitive, qui s'est ployée subitement par l'effet d'une secousse légère, se redresse lentement au bout de quelques minutes : cette incurvation, toujours suivie du redressement, se renouvelle autant de fois qu'on la sollicite. Ces alternatives d'incurvation et de redressement ont lieu sous l'influence d'une cause déterminante intérieure chez l'*hedysarum girans*, dont les feuilles sont animées d'un mouvement oscillatoire perpétuel. Ces oscillations dépendent également d'une cause déterminante intérieure, et sont bien plus fréquentes chez les *oscillaires*, êtres qui sont situés tout-à-fait sur la limite qui sépare le règne végétal du règne animal, et dont les filaments offrent perpé-

tuellement des phénomènes alternatifs d'incurvation et de redressement. Si des végétaux nous passons aux polypes, nous voyons, chez les vorticelles (fig. 29) des alternatives, très fréquemment répétées, d'*incurvation sinueuse* et de redressement, sous l'influence de la volonté. Les muscles des animaux, proprement dits, nous offrent un phénomène tout-à-fait semblable. Tout le monde sait que la contraction de ces organes, sous l'influence de la puissance nerveuse, est un phénomène de peu de durée, et qu'il est nécessaire qu'ils se relâchent lorsque leur contraction dure depuis un certain temps, après quoi ils sont susceptibles de se contracter de nouveau. D'ailleurs cette contraction, qui nous paraît fixe et permanente pendant certain temps, ne l'est point réellement : on sait que la contraction des muscles, sous l'empire de la volonté, n'est point un état d'immobilité, mais qu'elle est le résultat d'une multitude d'*oscillations* ou de contractions partielles suivies de relâchement qui se succèdent à des intervalles de temps très courts ; aussi, nos membres ne peuvent-ils affecter une position qui exige une action musculaire soutenue, sans offrir un léger tremblement, qui est presque imperceptible chez les individus vigoureux, qui devient très sensible chez les personnes faibles, et notamment chez les vieillards. C'est ce tremblement, c'est ce frémissement oscillatoire des organes musculaires que l'on entend en se bouchant l'oreille avec la main ; cette palpitation des organes musculaires est facile à voir sur des muscles de gre-

nouille mis à nu, et que l'on saupoudre légèrement de sel commun finement pulvérisé; on voit de cette manière que la contraction des muscles soumis à la volonté n'a que la durée de l'éclair, comme elle en a la rapidité. Si donc nos muscles se contractent d'une manière qui nous paraît fixe, cela provient de la petitesse de leurs oscillations ou de leurs alternatives de contraction et de relâchement. Ces oscillations sont beaucoup plus lentes dans les fibres musculaires des mollusques, des annélides et même des insectes, ainsi que je m'en suis assuré par diverses observations.

Il n'entre point dans le plan que je me suis tracé, d'offrir ici un traité complet sur la contraction considérée chez les animaux. Je me bornerai donc à présenter ici quelques considérations générales sur cet objet. Plusieurs des tissus de l'économie animale ont la propriété de se contracter; mais ce n'est que dans les organes musculaires que cette propriété existe à un degré éminent; c'est ce qui fait qu'elle peut être mise en jeu chez eux par des causes tout-à-fait insuffisantes pour en déterminer l'exercice d'une manière sensible dans les autres tissus. Ainsi, la puissance nerveuse et l'électricité galvanique provoquent vivement la contraction des muscles, et n'ont point d'influence apercevable sur la contraction des autres parties; ces phénomènes ont fait penser qu'il existait plusieurs sortes de contractilité. Ainsi Bichat reconnaît, outre une contractilité animale et une contractilité organique sensible, une contractilité

organique insensible et une contractilité de tissu qui est indépendante de la vie; il porte enfin ses regards sur le phénomène du *racornissement*, sur ce phénomène de mouvement que présentent plusieurs tissus animaux lorsqu'ils sont soumis à l'action du feu; et, par un rapprochement extrêmement philosophique, il considère tous ces phénomènes de mouvement comme dépendants également de la texture et de l'arrangement des molécules des tissus organiques, qui ont ainsi en eux la faculté de se raccourcir, faculté qui peut être mise en jeu par des causes très diverses, soit pendant la vie, soit après la mort [1]. Ce dernier aperçu d'un observateur profond, dont la plupart des idées sont marquées au coin du génie, est de la plus grande vérité; ainsi, en nous reportant aux causes et au mécanisme de la contraction, nous voyons, 1° sous l'influence de la puissance nerveuse émanée des centres nerveux ou déterminée par des agents extérieurs, les fibres musculaires éprouver une contraction qui alterne plus ou moins rapidement avec leur relâchement; c'est l'*incurvation* sinueuse *oscillatoire* et à mouvement très étendu; elle est propre aux seuls muscles. Cette incurvation rapide et de peu de durée peut être sollicitée dans les muscles de l'animal fraîchement tué par l'électricité galvanique, laquelle ressuscite la puissance nerveuse, ou peut-être la remplace. 2° Sous l'influence de certaines causes intérieures ou extérieures, plusieurs tissus de l'économie

[1] *Anatomie générale*, considérations générales, § 5.

animale éprouvent une contraction faible, qui alterne, mais d'une manière lente, avec un état de relâchement : cette contraction est l'effet de ce que Bichat nomme la contractilité organique insensible. Quoiqu'on n'ait point observé directement le mécanisme de cette contraction, on ne peut guère douter qu'elle ne consiste dans une incurvation sinueuse; cette incurvation, à mouvement peu étendu, est lentement oscillatoire. 3° Lors de la cessation de la vie, les fibres musculaires se contractent avec assez de force; c'est leur contraction qui produit, dans cette circonstance, la roideur des membres, ainsi que l'a démontré Nysten[1]. Cet auteur, considérant que cette contraction cesse spontanément quelques jours après la mort, lorsque la putréfaction commence à se manifester, a pensé qu'elle était le résultat d'un reste de vie organique qui ne s'éteignait que plusieurs jours après la mort. En cela, je pense qu'il est tombé dans l'erreur : la contraction des muscles après la mort est un phénomène du même genre que la coagulation du sang, qui arrive en même temps; ces deux phénomènes attestent également l'absence de la vie. Si les muscles cessent d'être contractés lorsque la putréfaction commence, cela provient évidemment du dégagement, dans ces organes, de l'ammoniaque, qui, en sa qualité d'alkali, fait cesser l'incurvation du tissu musculaire; cette incurvation est sinueuse, *fixe*, c'est-à-dire qu'elle n'alterne point spontanément avec un état de

[1] *Recherches de physiologie et de chimie pathologiques.*

redressement ou de relâchement. La contraction des muscles occasionée par l'absence de la cause immédiate de la vie est un fait qui mérite toute l'attention des physiologistes ; car il tend à prouver que la contraction de ces organes a lieu dans toutes les circonstances, comme dans celle-ci, par la soustraction d'un principe ou d'un élément inconnu, qui abonde au contraire dans le muscle relâché. 4° Sous l'influence de l'extension mécanique, la fibre animale, complètement morte, reprend, lorsqu'elle est abandonnée à elle-même, son état antécédent de raccourcissement : c'est l'effet de ce que Bichat appelle la *contractilité de tissu*. Cet effet résulte de l'élasticité des fibrilles, qui tendent à persister dans l'état d'incurvation qu'elles ont pris ; elles agissent alors comme de véritables ressorts : c'est encore une incurvation sinueuse fixe. 5° Sous l'influence de l'action du feu, le tissu fibreux animal, complètement mort et même desséché, s'agite presque comme le ferait un animal vivant : c'est un résultat des incurvations partielles et multipliées qui sont produites dans ce tissu, soit par le développement de gaz, soit par la dilatation ou par l'évaporation des fluides. Ainsi, partout où nous observons des mouvements dans les tissus organiques, soit pendant la vie, soit après la mort, nous les voyons dépendre également d'incurvations élastiques, dont les causes occasionelles sont différentes, mais qui dépendent toutes de la *texture organique* de ces tissus, tous essentiellement composés de corpuscules ou de cellules vésiculaires agglomérées : telle est, en effet, la

composition intime de tous les organes des animaux, sans aucune exception. Leuwenhoek avait déjà annoncé une partie de cette vérité, qui a été confirmée par les recherches récentes de M. Milne Edwards [1], qui a examiné avec beaucoup de soin la structure microscopique des principaux tissus organiques des animaux : il n'a vu partout que des globules agglomérés. J'ai vérifié l'exactitude de ces observations : partout, en effet, on ne trouve, dans les organes des animaux, que des corpuscules globuleux, tantôt réunis en séries longitudinales et linéaires, tantôt agglomérés d'une manière confuse. C'est sous ce dernier aspect que ces corpuscules globuleux se présentent dans tous les organes sécréteurs, tels que le foie, les reins, les glandes salivaires, les testicules, etc.; la rate et les ovaires ne présentent pas une autre structure intime. Cette similitude fondamentale du tissu de tous les organes parenchymateux est telle, chez la grenouille, qu'il est presque impossible de distinguer les uns des autres, au microscope, les tissus du cerveau, du foie, des reins, de la rate, etc. : partout on n'aperçoit que des corpuscules globuleux agglomérés d'une manière confuse, et constituant ainsi le parenchyme de l'organe par leur assemblage. Chez les animaux vertébrés, les corpuscules globuleux sont tellement petits qu'il est impossible de savoir si ce sont des corps solides ou des corps vésiculaires; mais cela s'aperçoit

[1] *Mémoire sur la structure élémentaire des principaux tissus organiques.*

avec beaucoup de facilité chez les mollusques. En effet, en examinant au microscope le tissu du foie, des testicules ou des glandes salivaires des hélix et des limaces, on voit que ces organes sécréteurs sont composés, comme ceux des animaux vertébrés, de petits corps globuleux agglomérés d'une manière confuse; mais ici ces petits corps globuleux ne sont point d'une excessive petitesse, ils sont même assez gros, si toutefois on peut se servir de cette expression en parlant d'objets microscopiques, et l'on voit de la manière la plus évidente que ce sont des corps vésiculaires ou de véritables cellules, dans les parois desquelles on aperçoit même d'autres corpuscules excessivement petits. On pourrait peut-être douter que ces cellules globuleuses soient les analogues des corpuscules globuleux que l'on observe dans les organes sécréteurs des animaux vertébrés, mais l'examen le plus superficiel dissipera tous les doutes à cet égard, en faisant voir que les cellules globuleuses des organes sécréteurs des mollusques, et les corpuscules globuleux des organes sécréteurs des animaux vertébrés, composent de même *immédiatement* le parenchyme de ces organes; leurs masses entourent de même les vaisseaux sanguins et les canaux excréteurs Cette observation prouve que les corpuscules globuleux dont l'assemblage compose les organes parenchymateux des animaux vertébrés sont des cellules d'une excessive petitesse, et dans les parois desquelles on distinguerait des corpuscules plus petits, si le microscope pouvait faire pénétrer notre vue dans ces pro-

fondeurs de l'infiniment petit. Nous avons déjà vu plus haut que, chez les mollusques gastéropodes, la masse du cerveau est composée de vésicules globuleuses, contenant la substance nerveuse; nous avons également fait remarquer que cette observation confirmait l'opinion de MM. Wenzel, qui considèrent sous le même point de vue les corpuscules globuleux du cerveau des animaux vertébrés. On peut tirer de là cette conclusion générale, que les corpuscules globuleux qui composent par leur assemblage tous les tissus organiques des animaux sont véritablement des cellules globuleuses d'une excessive petitesse, lesquelles paraissent n'être réunies que par une simple force d'adhésion; ainsi, tous les tissus, tous les organes des animaux, ne sont véritablement qu'un tissu cellulaire diversement modifié. Cette uniformité de structure intime prouve que les organes ne diffèrent véritablement entre eux que par la nature des substances que contiennent les cellules vésiculaires dont ils sont entièrement composés : c'est dans ces cellules que s'opère la sécrétion du fluide propre à chaque organe, fluide qui est probablement transmis par transsudation dans les canaux sécréteurs. Dans le cerveau, ces cellules agglomérées opèrent la sécrétion de la substance nerveuse proprement dite, substance qui reste stationnaire dans le tissu cellulaire qui l'a sécrétée. Ainsi la cellule est l'organe sécréteur par excellence : elle sécrète, dans son intérieur, une substance qui tantôt est destinée à être portée au dehors par le moyen des canaux excréteurs, et qui tantôt est

destinée à rester dans l'intérieur de la cellule qui l'a sécrétée, et à faire aussi partie de l'économie vivante, où elle joue un rôle qui lui est propre : telle est spécialement la substance nerveuse proprement dite qui remplit les cellules microscopiques du cerveau et des nerfs; substance qui, dans le corps vivant, jouit de propriétés si étonnantes et si inconnues dans leur nature. On ne peut guère douter que les organes parenchymateux, tels que la rate, qui n'ont point de canal excréteur, n'opèrent également dans leurs cellules la sécrétion d'une substance qui est destinée, soit à y demeurer stationnaire, soit à passer par transsudation dans les vaisseaux sanguins. Il faut bien que la cellule ait des qualités particulières dans chaque organe, puisqu'elle y sécrète des substances aussi différentes; et, à cet égard, on ne peut s'empêcher d'admirer la prodigieuse diversité des produits de l'organisation, diversité qui est bien plus grande encore dans le règne végétal qu'elle ne l'est dans le règne animal. Quelle variété dans les qualités physiques et chimiques des substances sécrétées par les cellules qui composent le parenchyme des fruits ou celui des tiges, des racines, des feuilles et des fleurs, dans tous les végétaux répandus sur la surface du globe! On ne peut concevoir qu'une si étonnante diversité de produits soit l'ouvrage d'un seul organe, de la cellule. Cet organe étonnant, par la comparaison que l'on peut faire de son extrême simplicité avec l'extrême diversité de sa nature intime, est véritablement la pièce fondamentale de l'organisation; tout, en effet,

dérive évidemment de la cellule dans le tissu organique des végétaux, et l'observation vient de nous prouver qu'il en est de même chez les animaux.

Nous sommes arrivés plus haut, par le moyen de l'observation, à ce résultat, que la coagulation des liquides est un phénomène analogue à celui de la contraction des solides : ce fait est d'une grande importance en physiologie, car il prouve que certaines propriétés organiques appartiennent également aux solides et aux fluides; ces derniers, en effet, ne sont point semblables aux liquides inorganiques. Les fluides du corps vivant sont *organisés*, c'est-à-dire que leur composition intime est tout-à-fait semblable à celle des solides; ils sont, comme eux, entièrement composés de corpuscules globuleux; mais, dans les solides, ces corpuscules sont adhérents les uns aux autres, tandis que, dans les fluides, ils sont libres et dissociés. Tout le monde connaît les globules dont le sang est composé; ces globules ont été observés avec soin par plusieurs naturalistes célèbres dont je vais exposer ici très succinctement les découvertes, en y ajoutant les résultats de mes propres recherches. Les globules sanguins ont été découverts, comme on le sait, par Leuwenhoek, et depuis ils ont été étudiés par un grand nombre d'observateurs, à la tête desquels on trouve Haller, Spallanzani et Hewson. Dans ces derniers temps, ils ont été de nouveau étudiés par sir Éverard Home, par M. Bauer, et tout récemment par MM. Prévost et Dumas. Le nom de *globules*, par lequel les premiers observa-

teurs ont désigné ces corpuscules flottants dans le sang, prouve qu'ils les considéraient comme de petites sphères; certains observateurs, voyant que leur milieu était transparent, tandis que leurs bords étaient opaques, crurent pouvoir en conclure que ces petits sphéroïdes étaient percés d'un trou dans leur milieu; mais cette assertion mérite peu d'attention, car il est de la plus grande évidence que cette apparence ne provient que de ce que ces globules transparents réfractent la lumière de manière à la rassembler dans un foyer central, en sorte que leurs bords paraissent opaques et leur milieu diaphane. Nous avons déjà fait cette observation plus haut, relativement aux corpuscules globuleux et transparents que M. Mirbel a pris pour des *pores* dans le tissu des végétaux. Jusqu'à Hewson, on s'accordait généralement à considérer les globules sanguins comme des sphéroïdes ou des ellipsoïdes; cet observateur prétendit que telle n'était point leur forme, mais qu'ils avaient celle d'un disque renflé dans son milieu [1]. M. Bauer, reprenant ces observations, crut devoir leur restituer la forme sphéroïde qui leur avait été attribuée par la plupart des observateurs [2]. En dernier lieu, MM. Prévost et Dumas, revenant à l'opinion de Hewson, ont considéré ces corpuscules comme ayant la forme discoïde [3]. Ce que l'on peut soupçonner, au milieu de cette divergence d'opinions, c'est que les observateurs

[1] *Transactions philosophiques*, tome 63.

[2] *Idem*, 1818.

[3] *Examen du sang*, etc.

qui les ont émises ont eu tous également raison. Si, en effet, tous les corpuscules sanguins étaient discoïdes, comment cette forme aurait-elle échappé à tant d'excellents observateurs? D'un autre côté, il est incontestable que telle est quelquefois leur forme, ainsi que je l'ai observé moi-même; mais, il faut en convenir, cette forme se présente assez rarement, et, dans le plus grand nombre des cas, on peut même dire presque toujours, les corpuscules sanguins se présentent sous la forme sphérique ou elliptique. Peut-être dira-t-on qu'ils ne se présentent sous cette forme que parceque leur disque offre alors l'une de ses faces à l'œil de l'observateur; mais alors il faudrait admettre qu'il y aurait un nombre immense de chances pour qu'ils affectassent cette position, tandis que le nombre des chances pour qu'ils se présentassent de champ seraient assez rares. On pourrait penser que la direction de la pesanteur influerait sur la position à *plat* de ces corpuscules prétendus discoïdes, et comme on observe ordinairement au microscope avec un rayon visuel vertical, il en résulterait, en effet, que ces corpuscules présenteraient le plus souvent une de leurs faces à l'œil de l'observateur. Quoique cette position à *plat* soit peu probable pendant la circulation, cependant j'ai voulu m'assurer si une position différente de l'animal changerait l'aspect sous lequel se présentent ces corpuscules. J'ai donc dirigé le rayon visuel de mon microscope dans le sens horizontal, et dans cette position, j'ai observé la circulation dans la queue d'un têtard : le vaisseau que

j'observais était dirigé dans le sens vertical. Si la pesanteur eût influé sur la position horizontale des corpuscules discoïdes, il en fût résulté, dans mon observation, que ces disques se seraient tous présentés de champ. Or, j'ai continué à voir ces corpuscules ovoïdes; je n'ai même pu, dans cette observation, en apercevoir un seul qui fût discoïde. Tout concourt donc à prouver que cette dernière forme est rare, qu'elle est purement accidentelle, et que la forme normale des corpuscules sanguins est celle d'un sphéroïde ou d'un ellipsoïde; d'ailleurs, ce fait est prouvé par les changements de forme que les corpuscules sanguins sont susceptibles de prendre. Fontana et Spallanzani ont vu, le premier dans la grenouille, et le second dans la salamandre, les globules sanguins se former en un ellipsoïde très alongé quand ils étaient engagés dans un vaisseau d'un diamètre plus petit que le leur, se courber en forme de croissant dans les courbures anguleuses des vaisseaux, et reprendre enfin leur forme ordinaire quand ils étaient parvenus dans un vaisseau suffisamment large. Ces changements de forme ne peuvent dériver que d'un sphéroïde : on sent qu'un disque ne pourrait pas les présenter.

Une membrane d'une extrême délicatesse environne les corpuscules sanguins. Cette membrane vésiculaire est seule dépositaire de la matière rouge qui colore ces corpuscules; son extrême délicatesse fait qu'elle s'altère très promptement après la mort et qu'elle se détache du corpuscule, ainsi que l'ont observé MM. Bauer et

Home; après cette séparation de l'enveloppe colorée, le corpuscule sanguin paraît blanc, et conserve sa forme. On pourrait penser qu'il ne consiste plus alors que dans un noyau de matière solide, mais la faculté qu'ont les corpuscules sanguins de changer de forme, ainsi que nous venons de le voir, prouve que ce noyau est composé d'une substance très molle ou même liquide; par conséquent, la conservation de sa forme après la disparition de la membrane colorée qui l'enveloppait extérieurement semble prouver que le corpuscule sanguin possède une seconde membrane plus solide que la membrane colorée à laquelle elle est subjacente, et dans l'intérieur de laquelle est contenue la matière molle ou liquide qui constitue le noyau du corpuscule : toujours résulte-t-il de l'existence de la membrane vésiculaire colorée que les corpuscules sanguins doivent être considérés comme des corps vésiculaires. L'existence de cette membrane, prouvée par les observations de Bauer et de Home, a été pleinement confirmée par celles de MM. Prévost et Dumas.

Un jeûne prolongé diminue considérablement le nombre des corpuscules sanguins : je les ai vus disparaître totalement chez un têtard de crapaud accoucheur que j'avais conservé une année entière sans lui donner de nourriture. Leuwenhoek avait annoncé que les globules sanguins avaient un mouvement de rotation sur eux-mêmes; mais les observations de Haller [1] et de Spallanzani [2] prouvèrent que ce mouve-

[1] *Mémoire sur le mouvement du sang.*

[2] *De' fenomeni della circollazione.*

ment n'existait point. Ces deux derniers observateurs ont toujours vu les globules sanguins, plongés dans le fluide diaphane qui les environne, se tenir constamment éloignés les uns des autres : jamais, tant que la vie subsiste, ces globules ne sont en contact immédiat. Spallanzani a vu un grand nombre de fois que lorsque deux de ces globules se présentaient ensemble à l'orifice d'un vaisseau qui ne pouvait admettre que l'un d'eux, l'autre, repoussé à l'instant, rétrogradait sans avoir touché le globule qui le précédait dans le passage; Haller [1] a vu de même que ces globules se repoussaient réciproquement quand le mouvement progressif du sang tendait à les rapprocher. Ainsi, il a observé que l'un de ces globules étant placé dans une espèce de cul-de-sac, il repoussait, sans les avoir touchés, les globules qui venaient vers lui. Cet isolement constant des globules sanguins au milieu du fluide séreux dans lequel ils nagent, et cette répulsion qu'ils exercent les uns sur les autres, quand une cause extérieure les rapproche, ne cessent d'exister que lorsque la vie commence à s'éteindre : c'est alors que Haller a vu ces globules s'agglomérer en perdant leur forme sphérique; mais ils reprenaient cette forme en se séparant de nouveau, si la circulation languissante venait à se ranimer. J'ai répété toutes ces observations de Haller et de Spallanzani, et je me suis assuré de leur exactitude. J'ai beaucoup observé la circulation du sang dans les parties transparentes des

[1] *Deuxième Mémoire sur le mouvement du sang.*

jeunes salamandres et des jeunes têtards, et j'ai toujours vu les corpuscules sanguins être éloignés les uns des autres tant que la vie conserve une certaine énergie; mais aux approches de la mort, lorsque le sang avance dans les vaisseaux pendant la systole du cœur, et rétrograde dans ces mêmes vaisseaux pendant la diastole de cet organe; alors, dis-je, les corpuscules sanguins cessent de se tenir éloignés les uns des autres ; ils s'agglomèrent et forment ainsi de petits *caillots* qui remplissent certaines parties des vaisseaux, tandis que les autres ne contiennent que du sérum. Il n'y a donc point de doute qu'il n'existe pendant la vie une force répulsive qui tient les corpuscules sanguins isolés les uns des autres, et qui disparaît lors de la mort; alors ces corpuscules, abandonnés à une force d'attraction qui les précipite les uns sur les autres, s'agglomèrent, et c'est leur réunion qui forme ce qu'on appelle le *caillot*. On sait, par des expériences positives, que ce n'est point le refroidissement qui est la cause de cette *coagulation*, de laquelle il résulte tantôt des corps membraniformes ou *couenneux*, tantôt des corps filiformes semblables à des fibres, ce qui a fait donner le nom de *fibrine* à la substance composante de ces corps, et cela avec d'autant plus de raison que cette substance est tout-à-fait semblable à la substance musculaire, sous le rapport de ses propriétés chimiques : aussi a-t-on appelé le sang de la *chair coulante*, et cela n'est point une métaphore, c'est une vérité exacte. La substance musculaire, en effet, est essentiellement

composée de corpuscules globuleux comme le sang; mais, dans ce liquide, ces corpuscules flottent isolés, tandis que, dans le muscle, ils sont agglomérés, et forment ainsi un solide *organique*. Après la mort, le sang se coagule par le rapprochement de ces corpuscules; dans le même temps, le tissu musculaire se contracte par le rapprochement et le resserrement de ses plis sinueux. Il y a, dans ces deux circonstances, égale absence d'une cause d'écartement corpusculaire ou de répulsion dans les parties intimes. Nous avons vu plus haut, par des expériences positives, la transition tout-à-fait insensible qui existe entre le phénomène de la contraction et celui de la coagulation; nous avons vu, en effet, que le tissu musculaire corpusculaire, simplement déplissé par un faible alkali, était susceptible de se plisser de nouveau ou de s'incurver par l'accession d'un acide, tandis que ce même tissu, dont les corpuscules étaient dissociés par un alkali un peu plus fort, formait alors un liquide organique simplement susceptible de se resserrer sur lui-même par le fait de sa coagulation; il n'est donc point douteux que les deux phénomènes de l'incurvation et de la coagulation ne soient très voisins, et ne tiennent au même principe; il reste à déterminer quel est le lien qui réunit ces deux phénomènes.

Les corpuscules sanguins, pendant la vie, ne sont jamais en contact immédiat; après la mort, ou lorsque le sang est tiré hors des vaisseaux, ces corpuscules s'agglomèrent, et il en résulte une espèce de solide organique: c'est le phénomène de la coagulation; il

dépend évidemment de l'attraction que les corpuscules sanguins exercent les uns sur les autres. J'ai voulu voir si cette espèce de solide organique était susceptible de se contracter comme le tissu musculaire. J'ai mis une goutte de sang de grenouille dans l'eau que contenait un cristal de montre; cette goutte de sang s'est coagulée en formant une membrane diaphane qui tapissait le fond du cristal; on pouvait enlever la membrane et l'agiter dans l'eau sans que ces corpuscules quittassent leur adhérence mutuelle. Ayant ajouté à l'eau une goutte d'acide nitrique, je vis, au microscope, la membrane se resserrer sur elle-même par le rapprochement plus considérable des corpuscules dont elle était composée; ainsi le solide formé par la coagulation du sang est susceptible de présenter seulement le mode primordial de la contraction, c'est-à-dire le resserrement par rapprochement général des corpuscules; il ne présente jamais le mode secondaire de la contraction, c'est-à-dire l'incurvation sinueuse qui résulte du rapprochement corpusculaire opéré d'un seul côté; ce mode secondaire de la contraction paraît dépendre essentiellement de la puissance nerveuse, laquelle est étrangère au solide formé par coagulation.

Les propriétés vitales des liquides organiques sont encore peu connues: d'après ce que nous avons vu plus haut, il paraît que la répulsion corpusculaire, ou plutôt que la faculté que possèdent les corpuscules des liquides de se tenir éloignés les uns des autres, est la principale propriété vitale des fluides, puisque l'i-

solement de ces corpuscules cesse généralement avec la vie. La contractilité est nécessairement étrangère aux fluides : elle ne peut appartenir qu'aux solides. Pour ce qui est de la nervimotilité, nous ignorons si elle appartient exclusivement à ces derniers. Nous avons vu que, chez les végétaux, la puissance nerveuse est transmise par l'intermédiaire d'un liquide organique, il n'est pas bien certain qu'il n'en soit pas de même chez les animaux, et même il paraît fort probable que la production de la puissance nerveuse est la propriété physique que possède pendant la vie le liquide contenu dans les cellules vésiculaires dont le cerveau est entièrement composé; cellules qui ne diffèrent peut-être pas, sous ce point de vue, des cellules dont se composent les organes électriques de certains poissons.

Ce que nous venons de voir touchant la similitude de la composition organique des solides et des fluides du corps vivant pourrait faire penser que les globules vésiculaires contenus dans le sang s'ajouteraient au tissu des organes et s'y fixeraient pour les accroître et les réparer, en sorte que la nutrition consisterait dans une véritable *intercalation* des cellules toutes faites et d'une extrême petitesse. Cette opinion, tout étrange qu'elle puisse paraître, est cependant très fondée, car l'observation parle en sa faveur. J'ai vu plusieurs fois les globules sanguins, sortis du torrent circulatoire, s'arrêter et se fixer dans le tissu organique : j'ai été témoin de ce phénomène, que j'étais loin de soupçonner, en observant le mouvement du sang au

microscope dans la queue fort transparente des jeunes têtards du crapaud accoucheur. Des artères formant des courbures nombreuses se répandent dans la partie transparente de la queue de ces têtards ; ces artères sont immédiatement continues avec les veines, en sorte qu'il n'existe ici aucune distinction, aucune ligne de démarcation entre les deux circulations artérielle et veineuse : le sang, dont on aperçoit parfaitement les globules, qui sont assez gros, offre un torrent dont le mouvement n'éprouve aucune interruption depuis son départ du cœur jusqu'à son retour à cet organe. Entre les courbures que forment les vaisseaux, il existe un tissu fort transparent dans lequel on distingue beaucoup de granulations de la grosseur des globules sanguins ; or, en observant le mouvement du sang, j'ai vu plusieurs fois un globule seul s'échapper latéralement du vaisseau sanguin et se mouvoir dans le tissu transparent dont je viens de parler, avec une lenteur qui contrastait fortement avec la rapidité du torrent circulatoire dont ce globule était échappé; bientôt après le globule cessait de se mouvoir, et il demeurait fixé dans le tissu transparent; or, en le comparant aux granulations que contenait ce même tissu, il était facile de voir qu'il n'en différait en rien; en sorte qu'il n'était pas douteux que ces granulations demi-transparentes ne fussent aussi des globules sanguins précédemment fixés. Par quelle voie ces globules sortent-ils du torrent circulatoire ? C'est ce qu'il n'est pas facile de déterminer. Peut-être les vaisseaux ont-ils des ouvertures latérales par lesquelles

le sang peut verser ses éléments dans le tissu des organes; peut-être le mouvement de ces globules n'était-il ralenti d'abord, et ensuite arrêté que parceque'ils étaient engagés dans des vaisseaux trop petits relativement à leur grosseur. On expliquera cette fixation des globules sanguins comme l'on voudra, mais le fait de cette fixation demeurera toujours démontré; je l'ai observé un trop grand nombre de fois pour croire que ce soit un phénomène accidentel. Cette fixation des globules est indubitablement un phénomène dans l'ordre de la nature vivante : cela explique le rôle que jouent les globules sanguins dans la nutrition; ce sont des cellules vagabondes qui finissent par se fixer et par se joindre au tissu des organes; aussi les cellules vésiculaires et microscopiques qui composent essentiellement le tissu de tous les organes, sans aucune exception, ne sont-elles généralement que de la grosseur des globules sanguins chez les animaux vertébrés : Leuwenhoek le dit positivement par rapport au tissu du foie du mouton et de la vache [1]. Mes observations m'ont prouvé la même chose par rapport aux autres organes. Chez les mollusques, ces cellules microscopiques sont incomparablement plus grosses que les globules contenus dans le sang de ces animaux, ce qui peut provenir de ce qu'elles se sont développées après leur fixation. Au reste, le phénomène de cette fixation explique pourquoi les globules ont disparu tout-à-fait dans le sang du têtard que

[1] *Transactions philosophiques*, 1674.

j'avais soumis à un jeûne très prolongé : cette disparition prouve en même temps que ces globules tirent leur origine des aliments : aussi Leuwenhoek les a-t-il trouvés en abondance dans le chyle. Cela peut faire penser que ces globules vésiculaires sont introduits tout formés dans l'économie. Les substances alimentaires, qui sont toutes des matières organiques, sont essentiellement composées de ces globules, et la digestion ne consiste probablement que dans leur dissociation, opérée par le menstrue stomacal. Ces observations paraîtront sans doute très favorables au fameux système des molécules organiques de Buffon ; système que je suis fort éloigné d'admettre dans son entier, mais dont la base essentielle me paraît être appuyée sur les faits que je viens d'exposer. Ici je dois rappeler ce que j'ai exposé plus haut touchant la texture organique des végétaux : nous avons vu que ces êtres étaient entièrement composés ou de cellules ou d'organes qui dérivent évidemment de la cellule ; nous avons vu que ces organes creux étaient simplement contigus et adhérents les uns aux autres par une force de cohésion, mais qu'ils ne formaient point, par leur assemblage, un tissu réellement continu; en sorte que, dès lors, l'être organique nous a paru formé d'un nombre infini de pièces microscopiques qui n'ont entre elles que des rapports de voisinage. Les observations que nous venons de faire sur les animaux tendent évidemment à confirmer ce premier aperçu; il est encore confirmé par les observations si curieuses de M. Bory de Saint-Vincent sur ces arthrodiées, qui

sont composées de pièces de rapport qui se réunissent successivement les unes aux autres, en sorte que ces êtres singuliers nous montrent *en dehors* le phénomène de l'agrégation corpusculaire, que les autres êtres vivants cachent dans l'intérieur de leurs tissus organiques.

APPENDIX.

L'espèce d'avidité avec laquelle la nature est aujourd'hui interrogée de toutes parts met les naturalistes dans la nécessité de publier très promptement leurs découvertes, s'ils ne veulent pas courir le risque de se voir privés, par des observateurs plus diligents, de l'honneur qui y est attaché. Mais cette précipitation expose à publier des travaux incomplets et quelquefois fautifs ; elle ne permet pas de rassembler et de coordonner une masse de faits. C'est cette dernière considération qui m'a engagé à retarder de plusieurs mois la publication des observations qui m'ont dévoilé le mécanisme de la contraction musculaire. Pendant ce temps, deux observateurs très distingués, MM. Prévost et Dumas, se livraient à des recherches sur le même sujet, et arrivaient, par une autre voie, au résultat auquel je suis parvenu. Le travail de ces deux observateurs, communiqué à la Société philomatique et à l'Académie des sciences, en juillet et août 1823, a paru, en extrait, dans le cahier de septembre du *Bulletin des sciences de la Société philomatique*, cahier qui ne m'est parvenu que dans le milieu du mois de novembre. Alors mon travail était complètement rédigé, et j'ai cru devoir le publier sans

y rien changer, me réservant seulement d'y ajouter cet Appendix, dans lequel je vais exposer la découverte de MM. Prévost et Dumas, et la théorie qu'ils en déduisent. Le travail de ces deux savants a été imprimé en entier dans le numéro d'octobre du *Journal de physiologie expérimentale* de M. Magendie.

MM. Prévost et Dumas ayant placé sous le microscope un muscle de grenouille suffisamment mince pour conserver sa transparence, et y ayant excité des contractions, au moyen d'un courant galvanique, ont vu les fibres se fléchir en zig-zag d'une manière instantanée, et cette flexion a déterminé le raccourcissement de l'organe; ils ont fait, en même temps, cette importante observation, que les dernières ramifications des nerfs coupent à angle droit la direction des fibres musculaires, et que c'est toujours dans le lieu de leur intersection qu'existent les sommets des courbures qu'affectent les fibres musculaires en se courbant sinueusement. Ainsi, MM. Prévost et Dumas ont vu, comme moi, que la contraction des organes musculaires consiste dans une courbure sinueuse de leurs parties constituantes, et la date de la publication de cette découverte leur en assure incontestablement la propriété, bien que j'eusse fait la même découverte de mon côté, au moyen d'expériences différentes. Toutefois, ceux qui liront mon travail et celui de MM. Prévost et Dumas avec attention verront qu'ils contiennent des faits différents, quoique du même genre. Je vais essayer d'établir ici la distinction de ce qui m'appartient et de ce qui constitue

la part de MM. Prévost et Dumas, dans la découverte du mécanisme de la contraction musculaire.

MM. Prévost et Dumas ont observé la flexion sinueuse de la fibre musculaire, flexion tout-à-fait semblable à celle des tiges des vorticelles, et que j'ai représentée dans la figure 29, en *a*. Pour moi, je n'avais observé que l'incurvation semi-circulaire de cette fibre, arrachée à l'animal vivant, et plongée dans l'eau; j'avais cru pouvoir conclure de cette observation que l'incurvation semi-circulaire de la fibre coopérait au raccourcissement du muscle, et qu'elle était l'auxiliaire de la contraction de cette même fibre. Par ce mot de *contraction*, j'ai entendu exprimer l'action par laquelle la fibre musculaire se raccourcit en devenant plus grosse, sans perdre de sa rectitude. Or j'ai prouvé que cette contraction de la fibre trouve sa cause dans le plissement extrêmement fin, ou dans l'incurvation sinueuse des fibrilles et du tissu corpusculaire qui composent intérieurement la fibre musculaire. C'est ici que mes observations ont été plus loin que celles de MM. Prévost et Dumas. Ces observateurs ne regardent comme une *contraction* que la courbure sinueuse de la fibre musculaire considérée dans sa masse; ils ont bien observé que cette fibre se raccourcissait aussi sans aucune flexion, mais ils ont considéré ce raccourcissement comme le résultat de cette propriété que Haller nomme l'*élasticité de la fibre*, et que Bichat désigne sous le nom de *contractilité de tissu*. Du reste, ils ne cherchent point à se rendre raison du mécanisme au moyen duquel cette

élasticité est mise en jeu : ils admettent, dans la fibre musculaire, un *état de repos,* qui est celui qu'elle prend quand aucune cause ne tend plus à l'alonger. Ce n'est, selon ces observateurs, que lorsque la fibre a atteint, dans son raccourcissement élastique, cet *état de repos*, qu'elle devient susceptible de se courber sinueusement pour se raccourcir de nouveau, et c'est à ce dernier phénomène seul qu'ils donnent le nom de *contraction.* Ici tout est exactement vrai dans l'exposition des faits : il n'y a d'erreur que dans la théorie. MM. Prévost et Dumas, n'ayant pas poussé assez loin leurs recherches, n'ont point vu que le raccourcissement de la fibre, *sans aucune flexion,* est dû à l'incurvation sinueuse à plis extrêmement fins du tissu intérieur de cette fibre, qui s'alonge par le déplissement de ce tissu, et qui se raccourcit, *en conservant sa rectitude,* par le plissement ou par l'incurvation sinueuse élastique de ce même tissu intime. Lorsque ce plissement intérieur est parvenu au *summum,* la fibre ne peut plus se raccourcir de cette manière, elle se trouve dans l'*état de repos,* suivant l'expression fort inexacte de MM. Prévost et Dumas. C'est alors que commence le développement d'un second phénomène, celui de l'incurvation sinueuse de la fibre elle-même, qui se raccourcit en perdant sa rectitude, et cela par un mécanisme entièrement semblable à celui qui avait opéré son raccourcissement avec conservation de rectitude. Toute la différence qu'il y a, c'est que, dans le premier cas, le phénomène que présente la fibre est extérieur, et que, dans

le dernier cas, il est intérieur. Or, l'observation du premier de ces phénomènes appartient à MM. Prévost et Dumas; l'observation du second m'appartient exclusivement. C'est de l'ensemble de ces observations que résulte l'explication complète du mécanisme de la contraction musculaire. Au reste, c'est faute d'avoir envisagé sous son véritable point de vue le phénomène de la contraction de la fibre qui conserve sa rectitude, que MM. Prévost et Dumas ont été conduits à le considérer comme le résultat d'une simple élasticité étrangère, en quelque sorte, à la vie. Cette incurvation du tissu intime de la fibre est tout aussi vitale que son *incurvation de masse;* elle est fort différente, quant à la cause occasionelle, de la *contractilité de tissu* ou de la propriété que possède la fibre complètement morte de se raccourcir quand on l'abandonne à elle-même après l'avoir distendue. Ce dernier phénomène, comme je l'ai exposé plus haut, dépend de l'élasticité avec laquelle les parties intimes de la fibre tendent à conserver un certain état d'incurvation qu'elles ont pris par le fait même de l'absence de la cause immédiate de la vie, absence qui paraît avoir occasioné celle d'une cause d'écartement corpusculaire. Ainsi, la contractilité de tissu après la mort est le résultat d'un état élastique fixe et permanent, tandis que la contraction vitale de la fibre, sans perte de rectitude de cette même fibre, est le résultat d'un état élastique susceptible d'éprouver des variations dans son intensité, et même de cesser d'exister, jusqu'à un certain point, par le fait du relâchement. MM. Pré-

vost et Dumas ont observé que c'est au moyen de ce raccourcissement sans perte de rectitude de la fibre que s'opère la contraction des organes musculaires membraneux, tels que ceux qui existent dans les parois du canal alimentaire, et ils en ont conclu que la contraction de ces organes *diffère entièrement* de celle des muscles de la locomotion. On a lieu de s'étonner qu'une assertion aussi hasardée ait pu être émise par des observateurs qui, habitués à envisager la nature sous plus d'une face, ont dû voir qu'elle réunit constamment la simplicité et l'uniformité des causes premières, à la variété et à la fécondité des résultats. Ainsi, le seul raisonnement *à priori* devrait faire admettre qu'il n'existe point de différence essentielle entre la contraction des muscles de la locomotion et celle des organes musculaires soustraits à l'empire de la volonté; et effectivement l'observation apprend que, dans ces deux cas, la contraction dépend de même de l'incurvation du tissu musculaire; dans l'un et l'autre cas, il existe un état élastique dont la cause est vitale : telle est l'idée que l'on doit se faire de l'incurvation sinueuse du tissu intime de la fibre musculaire, et de l'incurvation sinueuse de cette fibre elle-même. En effet, l'observation de l'incurvation végétale nous a démontré d'une manière bien évidente que cet état est dû au développement d'une force élastique; nous avons établi l'analogie de cette incurvation végétale avec l'incurvation animale; et en étudiant les phénomènes que présente cette dernière, nous avons vu qu'elle trouve sa cause dans un certain

rapprochement corpusculaire. Ainsi, il nous a été démontré que l'incurvation végétale et animale dépend du développement d'une force élastique, qui elle-même trouve sa cause dans certains phénomènes moléculaires ou corpusculaires; les muscles, par conséquent, agissent comme des ressorts, mais ces *ressorts* ont une nature et un mécanisme tout particulier dont il est facile de se faire une idée. Il y a deux choses à considérer dans un ressort, sa *position*, et la force élastique avec laquelle il tend à conserver cette *position*, ou à y revenir quand il en est éloigné. Un ouvrier qui veut faire un ressort d'acier commence par lui donner la *position*, c'est-à-dire l'état de rectitude ou de courbure particulière qu'il veut que ce ressort possède dans l'*état de repos;* ensuite il lui communique, au moyen de la trempe, la force élastique qui lui donne la tendance à persister dans cette position et à y revenir lorsqu'il en est éloigné. Or les fibres musculaires sont des solides qui, sous l'influence de certaines causes intérieures ou extérieures, prennent, soit dans leur masse, soit dans leurs parties intimes, une *position* de courbure accompagnée d'une force élastique qui tend à faire persister cette *position*. Ainsi la contraction musculaire est un véritable phénomène d'élasticité; mais c'est une élasticité qui naît et qui disparaît successivement avec la *position* de courbure qui l'accompagnait; or, comme l'élasticité est, en dernière analyse, un phénomène d'action moléculaire, il en résulte que la contraction se trouve de même, en dernière analyse, dépendre d'un certain mode

d'action des molécules ou des corpuscules qui composent les solides organiques. Cette théorie est tout-à-fait en opposition avec celle qui a été émise par MM. Prévost et Dumas : ces deux savants ayant observé que les dernières ramifications des nerfs coupent à angle droit la direction des fibres musculaires, ont pensé que le courant galvanique excité au travers des filets nerveux déterminait le rapprochement de ces filets, qui s'attireraient réciproquement, et qui entraîneraient ainsi avec eux les faisceaux musculaires auxquels ils sont fixés, ce qui déterminerait le plissement des fibres. D'après cette hypothèse, les nerfs seuls seraient les organes du mouvement de contraction, et les fibres musculaires seraient des organes inertes, destinés seulement par la nature à assujettir les filets nerveux les uns aux autres. On sent tout ce qui s'opposerait à l'admission d'une pareille hypothèse, quand bien même il ne serait pas prouvé qu'elle doit être rejetée. Mais si l'hypothèse disparaît, les faits sur lesquels elle paraissait pouvoir être établie subsistent, et cette découverte suffit pour la gloire de ses auteurs, auxquels la science doit déjà beaucoup, et qui l'enrichissent tous les jours par d'importants travaux.

Je profiterai de l'occasion qui m'a été offerte d'ajouter cet appendix à mon ouvrage, pour discuter l'opinion d'un savant fort célèbre sur l'irritabilité végétale. J'avais d'abord résolu de n'en point parler, pensant que les faits que j'avais établis sur l'observation suffisaient pour combattre une théorie purement ra-

tionnelle, sans qu'il fût besoin d'entrer dans une discussion à cet égard : cependant j'ai senti qu'il était nécessaire de changer ma première manière de voir sur cet objet; car, bien que les faits soient tout dans la science, cependant l'autorité des noms ne laisse pas d'avoir aussi quelque influence. Je discuterai donc ici brièvement l'opinion de M. de Lamarck sur l'irritabilité. Ce naturaliste célèbre, dans son *Introduction à l'histoire des animaux sans vertèbres*, prétend établir une démarcation tranchée entre les mouvements des animaux et ceux des végétaux. Voici comment il s'exprime (chap. 3) : « Les végétaux sont » des corps vivants *non irritables*, et dont les caractères sont, 1° d'être incapables de contracter » subitement et itérativement, dans tous les temps, » aucune de leurs parties solides, ni d'exécuter, par » ces parties, des mouvements subits ou instantanés, » répétés de suite autant de fois qu'une cause stimu- » lante les provoquerait. » Partant de ce principe, il prétend qu'aucun des mouvements des végétaux n'est dû à l'irritabilité ; que ce ne sont que des mouvements *de détente*, ou des affaissements de parties, produits par l'évaporation de certains fluides subtils qui cessent de gonfler les cellules. Il affirme qu'aucune des parties de la sensitive ne se contracte lorsqu'on la touche, mais que les mouvements qu'on lui voit exécuter ne sont que des *mouvements articulaires* opérés par détente, sans qu'aucune des dimensions des parties de cette plante soit altérée, ce qui, selon lui, établit une différence tranchée entre ces

mouvements et ceux qui résultent de l'irritabilité animale, dans laquelle il y a bien évidemment changement dans les dimensions de la partie contractée. Poursuivant, d'après les mêmes principes, le contraste qu'il établit entre l'irritabilité animale et les mouvements des végétaux, M. de Lamarck donne comme une différence spécifique entre ces deux ordres de phénomènes, que chez les animaux l'irritabilité reste la même dans les parties qui en sont douées tant que l'animal est vivant, et que leur contraction peut se répéter de suite autant de fois que la cause excitante viendra la provoquer, tandis que chez les végétaux *prétendus irritables* la répétition de l'attouchement ou de la secousse ne peut plus produire aucun mouvement lorsque la *plication articulaire* est complètement effectuée.

D'après cet exposé, les différences tranchées que M. de Lamarck prétend établir entre l'irritabilité animale et l'irritabilité végétale se réduisent aux points suivants : 1° les mouvements des végétaux ne sont que des plications articulaires; il n'y a point chez eux de véritable contraction ou de raccourcissement de parties; 2° ces mouvements ne peuvent être produits *itérativement*, c'est-à-dire déterminés plusieurs fois de suite.

Il ne me faudra que quelques mots pour combattre ces diverses assertions. D'abord, c'est une erreur que de regarder les mouvements de la sensitive comme des plications *articulaires*. On a donné le nom d'*articulation*, dans les feuilles, à l'endroit où

elles se séparent naturellement de la tige lorsqu'elles ont atteint le terme de leur vie : or, ce n'est point dans cet endroit que s'opère le mouvement des feuilles de la sensitive, c'est dans une portion renflée du pétiole, portion voisine de l'articulation, et à laquelle j'ai donné le nom de *bourrelet*. C'est par l'incurvation élastique de ce bourrelet que s'opère le mouvement du pétiole de la feuille; ce mouvement n'est donc point *articulaire*, comme le pense M. de Lamarck : on en doit dire autant des mouvements des pinnules et des folioles de la sensitive; ces mouvements ne sont point non plus *articulaires*, ils n'existent que dans les *bourrelets*, parceque ces organes possèdent seuls la structure intime nécessaire pour l'exécution de ce mouvement.

M. de Lamarck prétend qu'il n'y a point de véritable contraction ou de raccourcissement de parties chez les végétaux : l'observation infirme encore cette assertion. Nous avons vu que, chez l'*ypomœa sensitiva*, les nervures de la corolle présentent un raccourcissement de parties ou une contraction qui ne diffère en rien de celle des fibres musculaires, car elle consiste de même dans une *incurvation sinueuse*. Le fait de la contraction de la corolle chez l'*ypomœa sensitiva* n'était point connu du public, il est vrai, puisque je suis le premier qui l'ait publié, avec l'agrément de M. Turpin, qui a observé ce phénomène; mais tout le monde connaissait le phénomène essentiellement semblable que présente la corolle des *convolvulus* et celle de la belle-de-nuit (*mirabilis ja-*

lappa), qui se ploient au moyen d'une incurvation sinueuse pour présenter les alternatives de *sommeil* et de *réveil.* Mais il manquait à M. de Lamarck, pour établir l'analogie de ce mouvement avec l'irritabilité animale, de connaître le mécanisme de cette dernière, qui consiste de même dans une incurvation sinueuse.

Enfin, M. de Lamarck objecte que les mouvements des végétaux ne peuvent être produits *itérativement.* Cette objection tombera d'elle-même, au moyen d'une réflexion bien simple : l'incurvation ne peut être produite une seconde fois que lorsqu'elle a cessé d'exister, c'est-à-dire lorsqu'elle a été remplacée par le redressement ou par le *relâchement*, selon l'expression ordinaire. Or, chez les végétaux, le *redressement* ou le *relâchement* n'arrive que long-temps après l'acte de l'incurvation, en sorte que la partie reste long-temps incurvée, tandis que chez les animaux le redressement ou le relâchement de la fibre arrive immédiatement après l'acte de son incurvation sinueuse ou de sa contraction; en sorte qu'il n'y a presque aucun intervalle entre ces deux phénomènes. De là vient que, chez les animaux, la contraction ou l'incurvation sinueuse peut être produite *itérativement* un grand nombre de fois de suite dans un très court intervalle de temps, tandis que chez les végétaux l'incurvation ne peut être produite itérativement qu'à des intervalles de temps assez longs : il faut attendre que le redressement ait succédé à l'incurvation. N'est-il pas évident que, dans cette circonstance, la longueur du temps qui s'écoule entre les deux actes

de l'incurvation et du redressement n'apporte aucune différence essentielle entre les phénomènes de l'*irritabilité animale* et de l'*irritabilité végétale?* Dans l'une et dans l'autre, les mouvements sont produits *itérativement*, mais à des intervalles de temps différents.

Pour ce qui est de l'hypothèse émise par M. de Lamarck, que les mouvements des végétaux sont dus à des affaissements de cellules produits par l'évaporation des fluides, il ne me faudra, pour montrer son peu de fondement, que rappeler l'expérience suivante, que j'ai plusieurs fois répétée. La sensitive, entièrement plongée dans l'eau, meut ses feuilles sous l'influence des secousses, comme elle le fait dans l'air; elle y présente de même les phénomènes du *sommeil* et du *réveil*. Or, il est évident que dans cette circonstance il ne peut y avoir ni évaporation ni affaissement de cellules.

Dans le cours de cet ouvrage j'ai opposé avec franchise mes opinions à celles de plusieurs savants célèbres; et je l'ai fait sans crainte de les blesser, persuadé que tout philosophe observateur de la nature ne doit rechercher que la vérité, et qu'il ne peut manquer de la voir avec plaisir, même lorsqu'elle heurte ses idées les plus favorites.

FIN.

TABLE

DES MATIÈRES.

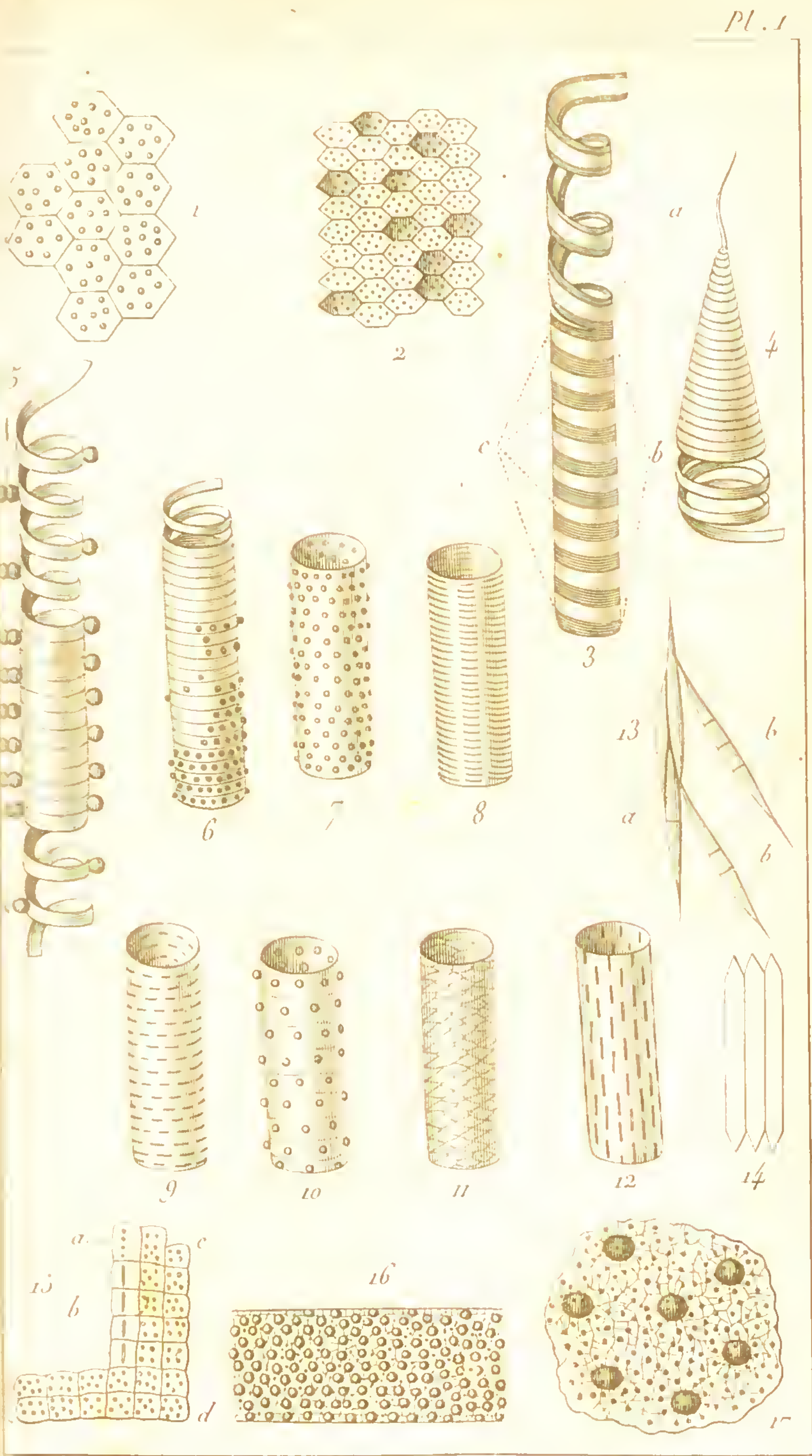
	Pages.
INTRODUCTION.	1
SECTION Ire. Observations sur l'anatomie des végétaux, et spécialement sur l'anatomie de la sensitive.	8
SECTION II. Observations sur les mouvements de la sensitive.	52
SECTION III. Des directions spéciales qu'affectent les diverses parties des végétaux.	92
SECTION IV. De l'influence du mouvement de rotation sur les directions spéciales qu'affectent les diverses parties des végétaux.	138
SECTION V. Observations sur la structure intime des systèmes nerveux et musculaire, et sur le mécanisme de la contraction chez les animaux.	163
APPENDIX.	219
TABLEAU SYNOPTIQUE des diverses modifications de l'incurvation organique dans les deux règnes animal et végétal. . . .	233

TABLEAU SYNOPTIQUE

DES DIVERSES MODIFICATIONS DE L'INCURVATION ORGANIQUE.

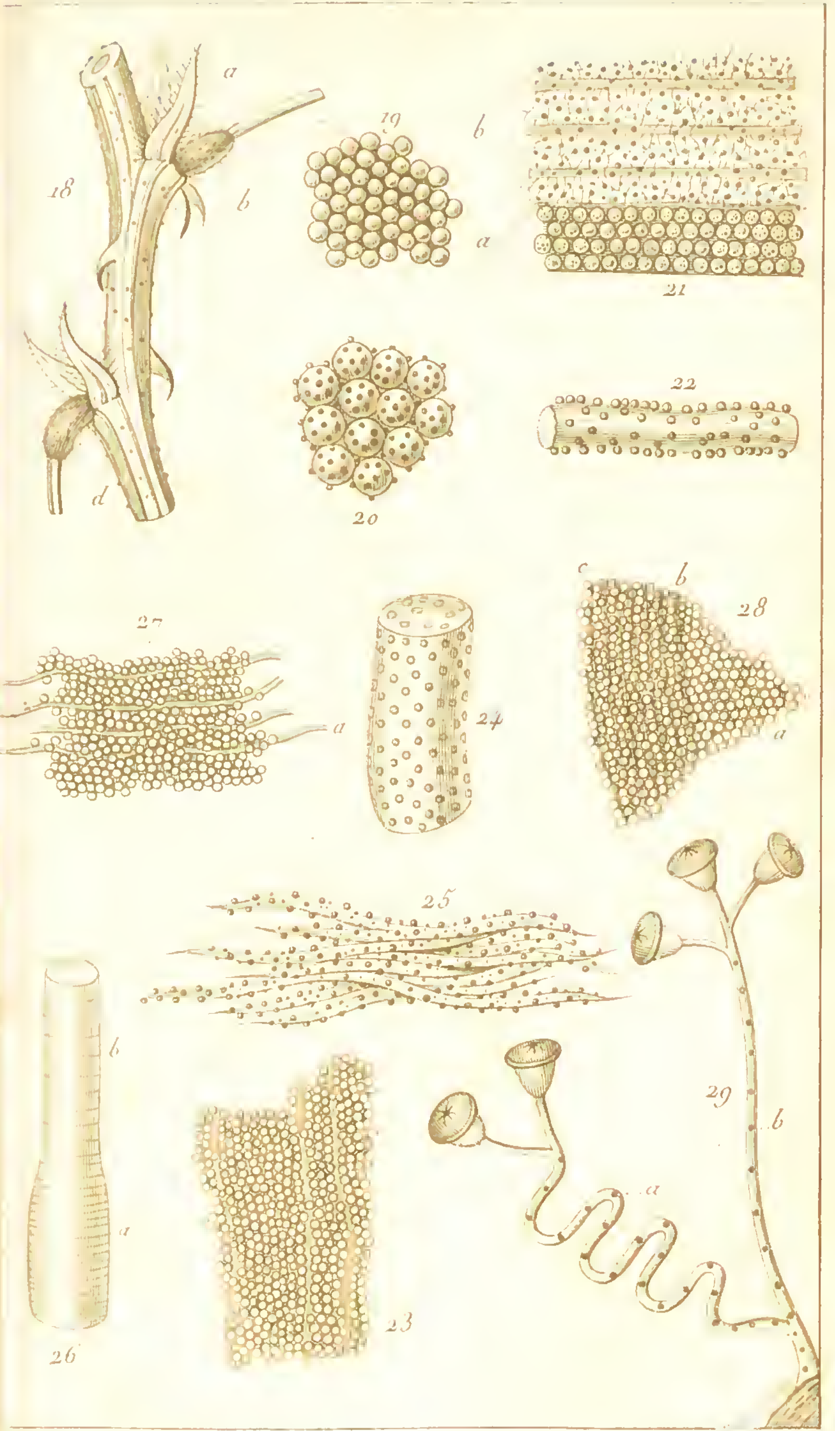
DANS LES DEUX RÈGNES ANIMAL ET VÉGÉTAL.

Incurvation *oscillatoire*, c'est-à-dire alternant spontanément avec un état de redressement ou d'incurvation en sens opposé.	Simple ou à courbure unique.	Incurvation et redressement alternatifs des bourrelets de la sensitive, des étamines du *cactus opuntia* et du *berberis vulgaris*, des feuilles du *dionea muscipula*; oscillation des folioles de l'*hedysarum gyrans*; incurvations en sens inverses, desquelles résultent les positions alternatives de *sommeil* et de *réveil* chez les plantes; mouvement des oscillaires.	Incurvation simple oscillatoire des végétaux.
		Incurvation de la fibre musculaire arrachée à l'animal vivant et plongée dans l'eau.	Incurvation simple oscillatoire des fibres musculaires.
	Sinueuse ou à courbures multipliées.	Plissement et déplissement des nervures de la corolle de l'*ypomæa sensitiva*, des bras des hydres, et des tiges des vorticelles.	Incurvation sinueuse oscillatoire des végétaux et des zoophytes.
		Plissement et déplissement du tissu intime de la fibre musculaire, qui se raccourcit en devenant plus grosse et en conservant sa rectitude. Plissement et déplissement de la fibre musculaire elle-même, qui se raccourcit en perdant sa rectitude.	Incurvation sinueuse oscillatoire des muscles : son caractère est d'être rapide, forte et très étendue : c'est la contractilité animale et la contractilité organique sensible de Bichat; c'est l'irritabilité de Haller.
		Plissement et déplissement des tissus qui ne sont point musculaires.	Incurvation sinueuse oscillatoire des organes non musculaires : son caractere est d'être lente, faible et très peu étendue : c'est la contractilité organique insensible de Bichat.
Incurvation *fixe*, c'est-à-dire n'alternant point d'une manière spontanée avec un état de redressement.	Simple ou à courbure unique.	Incurvation des valves de l'ovaire de la balsamine ; incurvation des diverses parties des végétaux, pour affecter des directions spéciales et fixes.	Incurvation simple fixe des végétaux.
	Sinueuse ou à courbures multipliées.	Incurvation des vrilles des végétaux : elles s'effectuent sous l'influence de la vie, et persistent après la mort et le dessèchement de la plante.	Incurvation sinueuse fixe des végétaux.
		Plissement de la fibre musculaire, d'où résulte la contraction des muscles, et par suite la roideur des membres après la mort.	Incurvation sinueuse fixe des muscles, occasionée par l'absence de la cause immédiate de la vie.
		Plissement de la fibre musculaire morte lorsqu'on l'abandonne à elle-même après l'avoir distendue en l'alongeant.	Incurvation sinueuse fixe, suite de la précédente : elle est nommée par Haller *élasticité de la fibre*, et par Bichat *contractilité de tissu*.



...rpin d'après les Esquisses de l'Auteur

V Plée frères Sc.



-pin d'après les Esquisses de l'Auteur

V. Plée frères sc.

L'AGENT IMMÉDIAT

DU

MOUVEMENT VITAL



DÉVOILÉ

DANS SA NATURE ET DANS SON MODE D'ACTION,

CHEZ LES VÉGÉTAUX

ET CHEZ LES ANIMAUX.

CET OUVRAGE SE TROUVE AUSSI AU DÉPÔT DE MA LIBRAIRIE,

Palais-Royal, galeries de bois, nos 265 et 266.

IMPRIMERIE DE J. G. DENTU,
RUE DU COLOMBIER, N° 21.

L'AGENT IMMÉDIAT

DU

MOUVEMENT VITAL

DÉVOILÉ

DANS SA NATURE ET DANS SON MODE D'ACTION,

CHEZ LES VÉGÉTAUX

ET CHEZ LES ANIMAUX.

PAR M. H. DUTROCHET,

correspondant de l'Institut dans l'Académie royale des sciences,
membre associé de l'Académie royale de médecine, etc.

Nil tam difficile est quin quærendo investigari possit.
(TERENCE, *Heautontimorumenos.*)

A PARIS,

CHEZ DENTU, IMPRIMEUR-LIBRAIRE,

RUE DU COLOMBIER, N° 21.

MDCCCXXVI.

AVERTISSEMENT.

L'OUVRAGE que je publie mettra dans
ut son jour cette vérité, qu'il n'existe
oint deux physiologies, l'une animale
l'autre végétale, entre lesquelles il soit
ossible d'établir une ligne de démarca-
on. La science de la vie est *une*, et l'on
peut que perdre de précieux secours
isolant les unes des autres les diver-
s parties qui la composent; car c'est
r le rapprochement des faits que la
ience devient féconde. Ainsi, nous al-
ns voir la physiologie végétale faire
archer la physiologie animale, et réci-
roquement la physiologie animale prê-
r un puissant appui à la physiologie
égétale.

L'objet spécial et primitif de ce travail
t l'étude du mouvement de la sève dans
s végétaux, phénomène dont l'explica-
on, jusqu'à ce jour, a vainement été

cherchée, parce qu'on a voulu la trouver dans les faits déjà connus de la physique ou de la physiologie. L'étude attentive que j'ai faite de ce phénomène, m'a dévoilé pleinement sa cause mystérieuse. Cette découverte m'a conduit beaucoup plus loin que je ne devais le présumer. En effet, en trouvant le mécanisme et la cause du mouvement de la sève, j'ai trouvé le mécanisme secret du mouvement vital, et cette découverte m'a fait remonter à la connaissance de l'agent mystérieux auquel est immédiatement dû ce mouvement. En annonçant cette découverte, je dois me hâter de dire qu'elle ne fournira point d'armes au matérialisme. Les sciences, faites pour le bonheur et pour la perfection de l'homme, ne peuvent être hostiles envers la morale, cette autre source de bonheur et de perfection.

De tous les êtres vivans qui couvrent la surface du globe, l'homme est le seul qui possède l'intelligence, ce flambeau divin au moyen duquel il parvient à connaître une partie des mystères de la

nture, et à remonter à la connaissance
e son auteur. Siége immatériel de cette
ntelligence, l'âme est inaccessible à
oute investigation des sens; elle est par
onséquent inaccessible aux attaques qui
eraient fondées sur des observations;
ar les observations ne peuvent s'exer-
er que sur des objets matériels. L'âme
este nécessairement en dehors des re-
herches dont elle est l'agent; elle réside
ans un sanctuaire impénétrable : c'est
e là qu'elle régit la machine organique
ui lui est soumise. Or, toute la série des
ntermédiaires par lesquels elle exerce
a puissance, est du domaine de l'ob-
ervation physique. *L'agent immédiat du
ouvement vital* est pour nous le plus re-
ulé de ces intermédiaires; mais son
xistence démontrée ne prouve point du
out qu'il n'y ait rien au-delà : aussi l'ex-
ression d'*agent immédiat*, dont je me
ers, laisse-t-elle toute la latitude possi-
le pour l'établissement d'un *agent mé-
iat de la vie*, placé plus haut dans l'é-
helle des faits. Ne serait-il pas absurde,
n effet, de prétendre qu'il n'existe plus

rien là où notre vue ne peut plus s'étendre, et que les bornes de notre horizon sont les bornes du monde? Ainsi la religion et la morale ne doivent point s'effrayer des tentatives qui sont faites pour remonter à la source des phénomènes de la vie, puisque ces recherches ne peuvent jamais avoir pour résultat de prouver le matérialisme; ces recherches, d'ailleurs, sont commandées par le plus haut intérêt de l'humanité, celui de la conservation de la vie, conservation à laquelle on ne peut travailler avec efficacité qu'au moyen de la connaissance approfondie des ressorts qui font mouvoir l'admirable machine organique.

L'AGENT IMMÉDIAT

DE LA VIE

DÉVOILÉ

DANS SA NATURE ET DANS SON MODE D'ACTION,

CHEZ LES VÉGÉTAUX

ET CHEZ LES ANIMAUX.

SECTION Ire.

Recherches sur la marche de la sève dans les plantes, et sur la cause de sa progression.

INTRODUCTION.

Lorsque des faits dont la cause est inconnue se présentent à l'observation, on tâche de leur donner une explication, en leur assignant pour causes certains phénomènes dont la marche bien connue semble concorder avec celle de la cause encore ignorée des faits que l'on veut expliquer. On est naturellement porté à admettre que ce que l'on observe se rattache à ce que l'on connaît déjà. Mais les esprits

philosophiques se mettent en garde contre cette tendance que nous avons à circonscrire la nature dans le cercle étroit de ce que nous savons ; persuadés qu'il ne suffit pas qu'une explication soit probable pour qu'elle soit vraie, ils savent rester dans le doute, et dire *j'ignore*, ce mot qui répugne tant à l'orgueil des esprits vulgaires. Combien de fois, en effet, n'a-t-on pas vu les explications les plus probables renversées, sans retour, par l'observation de certains faits dont on n'avait pas auparavant la plus légère idée, et qui venaient agrandir inopinément le champ de la science ? Ces réflexions naissent naturellement de la considération du sujet que j'entreprends de traiter ici. On a cherché à expliquer le mouvement de la sève en lui assignant pour cause la capillarité du tissu végétal, cause insuffisante évidemment à elle seule pour la production du phénomène, et à laquelle on a cru pouvoir adjoindre la contraction supposée des parois des organes dans lesquels la sève se trouve contenue. La réunion de ces deux causes donne sans doute une explication assez plausible du mouvement de la sève ; mais cette explication n'a point le caractère d'évidence qui seul a le pouvoir de dissiper tous les doutes, et d'entraîner la conviction. Incertains sur la cause du mouvement de la sève, nous le sommes aussi sur les routes que suit ce fluide. On sait que la sève monte des racines dans la tige et dans ses appendices ; on ne sait pas d'une manière bien positive quels sont, dans le végétal, les organes de cette transmission. Cependant, les expériences de Duhamel, de

arrabat et de Bonnet ont fourni quelques données récieuses sur cette question. On admet généralenent que la sève élaborée descend de la tige vers les acines; et certains faits prouvent que c'est par l'écorce que s'opère ce mouvement descendant : rien 'a prouvé cependant que cette fonction de transnettre la sève descendante soit le partage exclusif de écorce. La science réclame, à cet égard, des obserations plus étendues et plus précises que celles qui nt été faites jusqu'à ce jour. Ainsi, deux problêmes e présentent ici à résoudre : 1° quelles sont les routes que suit la sève? 2° quelles sont les causes de la rogression de ce fluide? Nous allons aborder successivement ces deux questions, qui nous jetteront nécessairement dans le domaine de la physiologie animale.

CHAPITRE PREMIER.

Des routes de la sève.

Le premier pas à faire dans l'examen des routes que suit la sève serait de déterminer si, comme on l'admet généralement, ce fluide possède deux mouvemens, l'un ascendant, l'autre descendant : le mouvement ascendant de la sève n'est pas susceptible d'être mis en doute ; quant au mouvement descendant de ce fluide, les preuves sur lesquelles il doit être établi ressortiront de l'étude de certains faits qui ne peuvent être exposés qu'après l'examen préalable des routes que suit la sève dans son ascension.

Lorsque, dans nos climats, les premières chaleurs du printemps se font sentir, les végétaux se remplissent d'une sève abondante qu'ils pompent dans le sol, et ce mouvement ascendant de la sève est le prélude de leur développement végétatif. La vigne est certainement le végétal qui offre le plus de facilité pour l'étude de ce mouvement ascendant de la sève. Tout le monde connaît l'abondance avec laquelle ce fluide s'écoule des plaies faites à cet arbuste au printemps. La surface de la section transversale d'une branche de vigne offre une multitude de petits trous visibles à l'œil nu. Ce sont les ouvertures des tubes auxquels M. Mirbel donne le nom de *fausses tra-*

thées; tubes qui, selon moi, sont une variété de ceux que j'ai désignés sous le nom général de *tubes corpusculifères* (1). M. Decandolle (2) nomme ces mêmes organes *tubes lymphatiques;* et j'adopte volontiers cette expression, aujourd'hui qu'il m'est démontré que ces tubes servent effectivement, comme le pensait M. Decandolle, à la transmission de la sève ascendante, qui est une *lymphe* incolore et insipide, c'est-à-dire de l'eau presque pure.

Lorsque les premières chaleurs du printemps commencent à provoquer l'ascension de la sève, si l'on coupe transversalement, et en biseau, une branche de vigne, on voit ce fluide suinter lentement de la surface de la section. Si l'on essuie la sève à mesure qu'elle suinte, on voit, en armant son œil d'une loupe, les gouttelettes de cette sève sortir des ouvertures des tubes lymphatiques; il n'en sort point du tissu compact qui les sépare. Cette observation est impossible à faire lorsque la sève sort avec abondance; car à peine la surface de la section est-elle essuyée, qu'elle est recouverte par la sève, qui sort avec rapidité. A cette époque cependant, il est encore un moyen de savoir quels sont les vaisseaux qui livrent passage à ce fluide. On prend une branche de vigne dont les deux extrémités sont coupées en biseau, afin de pouvoir observer plus facilement les orifices des

---

(1) *Recherches anatomiques et physiologiques sur la structure intime des animaux et des végétaux.*

(2) *Flore française*, 3e édition.

tubes lymphatiques; ces tubes sont alors entièrement remplis par la sève. Or, si l'on ploie légèrement cette branche par son milieu, cette flexion comprimera la sève contenue dans les tubes situés à la partie concave de l'endroit fléchi, et la forcera à sortir par la surface des deux sections transversales qui terminent la branche. L'œil armé d'une loupe, on voit très-distinctement la sève sortir par les seules ouvertures des tubes lymphatiques, et y rentrer rapidement lorsqu'on fait cesser la flexion qui opérait la compression de ce fluide, et le forçait de sortir. Il est à remarquer que, dans cette circonstance, la sève ne sort, aux sections terminales, que du côté où se trouve la concavité de la flexion, c'est-à-dire du seul côté où il y a compression du fluide, et cela quoiqu'il y ait plusieurs nœuds placés entre les extrémités et l'endroit fléchi. Ceci prouve 1° que les tubes qui contiennent la sève offrent une cavité continue dans toute l'étendue de la branche, et que ces tubes n'ont point de valvules qui favoriseraient le mouvement ascendant de la sève en s'opposant à son mouvement rétrograde; 2° que c'est spécialement en ligne droite que s'opère la transmission de la sève dans ces tubes. Cette dernière assertion est mise hors de doute par l'expérience suivante.

A l'époque du printemps, où la vigne *pleure*, j'ai choisi une tige de cet arbuste âgée d'un an, et des plus grosses. J'en ai retranché la partie supérieure par une section transversale, à l'instant la sève ascendante a coulé en abondance par cette blessure. Alors j'ai pratiqué à la tige une entaille, jusqu'au voisinage

e la moelle, à un pied environ au-dessous de l'extrémité tronquée : la sève a coulé par cette nouvelle blessure, et a cessé de couler par la partie de la section transversale supérieure qui correspondait en droite ligne à l'entaille. A un pouce environ au-dessous de cette dernière, j'ai pratiqué une nouvelle entaille semblable, qui a également donné issue à la sève, et qui a de même fait cesser l'émission de ce fluide à la partie de la section supérieure qui lui correspondait directement. Les deux entailles occupaient les deux tiers de la circonférence de la tige, et la sève ne sortait plus, à la section supérieure, que par le tiers de la surface de cette section, correspondant, en ligne droite, à la partie de la tige qui était restée intacte au-dessous. Je pratiquai une troisième entaille, à un pouce au-dessous de la dernière, et de manière à couper les tubes de la partie de la tige qui était restée intacte. De cette manière, toute communication directe se trouvait interrompue entre les deux parties de la tige supérieure et inférieure, aux trois entailles. Au moment où la dernière entaille fut faite, la sève cessa tout à fait de se montrer à la section transversale supérieure. Cette expérience prouve, d'une manière certaine, que les tubes lymphatiques qui conduisent la sève ascendante ne communiquent point latéralement les uns avec les autres, et qu'ils sont étendus en ligne droite dans la tige, sans se dévier jamais du côté qu'ils occupent primitivement. Cette dernière expérience semble en contradiction avec un fait bien connu, qui est celui-ci, que des en-

tailles faites au tronc d'un arbre, de manière à couper toute communication directe entre la partie supérieure et la partie inférieure, n'empêchent point la transmission de la sève des racines aux rameaux; mais cette contradiction n'est qu'apparente. La sève offre, outre son mouvement direct, un mouvement de diffusion générale, ainsi que nous le verrons plus bas. Les entailles faites au tronc d'un arbre interceptent seulement le premier de ces mouvemens, et laissent subsister le second, qui, dans certains cas, peut suffire pour nourrir l'arbre.

Ces observations ne laissent point subsister de doutes sur la route que suit la sève dans son mouvement ascendant. Déjà les expériences de plusieurs physiciens, et spécialement celles de Sarrabat (1) et de Bonnet (2), avaient prouvé que la sève ne monte ni par la moelle ni par l'écorce, et que son ascension s'opère exclusivement par les *fibres ligneuses*, expression vague, dont l'emploi ne peut paraître étonnant à une époque où l'anatomie des plantes était encore imparfaite. Aujourd'hui, l'on sait que la substance ligneuse des végétaux contient plusieurs organes très-différens par leur structure, et par conséquent par leurs usages. Les *tubes lymphatiques* ou corpusculifères forment, avec les organes fusiformes, auxquels j'ai donné le nom de

---

(1) *Dissertation sur la circulation de la sève*, sous le faux nom de Labaisse, 1733.

(2) *Recherches sur l'usage des feuilles*, cinquième Mémoire.

lostres (1), les principales parties de la substance gneuse ; et ce sont ces organes différens que l'on a ouvent confondus ensemble sous le nom général de *bres ligneuses.* J'ai répété les expériences de Sarra-ut et de Bonnet, en faisant pomper des liqueurs co-rées à des végétaux, et je me suis convaincu que 'est exclusivement dans les *tubes lymphatiques* et ans les trachées que ces liqueurs colorées s'introdui-ent : elles n'entrent point du tout dans les clostres. es résultats de cette expérience sont très-faciles à oir, spécialement dans la vigne, dont les tubes lym-hatiques, fort nombreux, se distinguent facilement es faisceaux de clostres, au milieu desquels ils sont tués. Il ne peut donc rester aucun doute sur la des-nation des *tubes lymphatiques* à conduire la sève scendante : ces tubes ne s'obstruent jamais, même ans les couches les plus anciennes du *duramen* (2), ù ils ne cessent point de servir de canaux à la sève ymphatique ascendante. Ce fait est prouvé par l'ex-érience de Coulon (3) : cet expérimentateur perça

---

(1) *Recherches anatomiques et physiologiques sur la structure time des animaux et des végétaux.*

(2) Je propose de donner, comme en latin, ce nom de *dura-en* à ce que l'on nomme vulgairement le *bois de cœur.* Jusqu'à e jour les botanistes ont désigné cette partie sous le simple nom e *bois*, la distinguant ainsi de l'aubier, qui, de cette manière, e serait pas *du bois*. Or, cela est manifestement contraire aux lées généralement reçues : l'aubier est du jeune bois encore à 'état de mollesse et de blancheur; le duramen est du vieux bois levenu dur et coloré.

(3) *Journal de physique*, t. 49, p. 392.

le tronc d'un peuplier jusqu'au centre avec une tarière, et il vit que la sève ascendante sortait en abondance de la partie centrale de l'arbre. Une expérience d'un autre genre m'a également prouvé cette vérité. Pendant l'hiver, je fis pratiquer une entaille circulaire au pied d'un gros chêne : cette entaille profonde avait emporté la totalité de l'aubier et une partie du duramen. Or, au printemps, l'arbre ne laissa pas de végéter comme à son ordinaire; et il continua de le faire pendant toute la belle saison, sans paraître souffrir de la profonde blessure qui avait été faite à son tronc. Cette expérience ne laisse aucun doute sur l'aptitude des tubes lymphatiques du duramen à transmettre la sève ascendante. Les tubes lymphatiques de l'aubier transmettent cette sève avec la même facilité, car il n'y a que de l'aubier dans les très-jeunes arbres; et il n'y a que cela non plus dans les troncs de quelques vieux arbres creux dont le duramen est entièrement pourri, ainsi que je l'ai observé quelquefois. Enfin, on peut ne laisser subsister qu'une portion de l'aubier d'un arbre, comme seul moyen de communication entre la tige et les racines, sans nuire d'une manière sensible à la transmission de la sève ascendante, ainsi que je m'en suis assuré souvent par l'expérience. Tout cela prouve d'une manière certaine que la sève ascendante se transmet avec une égale facilité par les tubes lymphatiques de toutes les couches ligneuses, et que leur âge et leur dureté ne les privent en aucune manière de cette fonction. Il semblerait même résulter de l'expérience de Coulon,

qui vient d'être citée, que ce serait spécialement par le centre de l'arbre que la sève ascendante serait transmise ; mais cette assertion, appuyée sur un fait particulier, ne doit pas être généralisée. En effet, j'ai observé que dans la vigne c'est d'abord par la couche la plus extérieure de l'aubier que s'effectue l'ascension de la sève, au commencement du printemps. En coupant transversalement une branche de vigne, à cette époque, on voit la sève sortir à la circonférence, tandis que le centre reste sec.

La sève ascendante ne se transmet point par le système cortical : ce résultat de l'expérience est d'accord avec l'observation anatomique, qui prouve qu'il n'existe dans le système cortical aucun *tube corpusculifère* ou *lymphatique*. Cette considération vient encore à l'appui de l'assertion que j'ai émise sur la fonction que j'attribue à ces tubes d'être les seuls conducteurs de la sève lymphatique ascendante, car les trachées sont tout à fait étrangères à cette fonction.

Les trachées, comme on le sait, ne se rencontrent à l'intérieur des tiges des végétaux dicotylés que dans l'étui médullaire seulement : elles sont complètement étrangères aux couches successives d'aubier qui se forment chaque année. Cette spécialité de position annonce indubitablement une spécialité de destination dans les trachées. J'ai émis dans un autre ouvrage (1) mon opinion sur les fonctions qui leur sont départies,

(1) *Recherches anatomiques et physiologiques sur la structure intime des animaux et des végétaux, et sur leur motilité*, p. 32.

et je ne crois point superflu d'y revenir sommairement ici. Les trachées contiennent bien certainement un liquide diaphane, et non de l'air comme l'ont dit quelques physiologistes. Situées dans l'étui médullaire à côté des tubes lymphatiques, on pourrait croire qu'elles servent comme eux à conduire la sève ascendante; mais on sera porté à en douter, en voyant qu'il n'existe jamais de trachées dans les racines qui abondent comme les tiges en tubes lymphatiques, conducteurs exclusifs de la sève ascendante. Cependant, lorsqu'on met une tige coupée tremper par sa partie inférieure dans un liquide coloré, ce dernier s'introduit à la fois dans les tubes lymphatiques et dans les trachées. Plusieurs observateurs ont vu ce fait dont j'ai vérifié l'exactitude, et qui cependant ne doit point être admis sans restriction. L'ascension des liquides colorés dans les tubes lymphatiques, porte ordinairement ces liquides jusqu'au sommet des tiges, mais il n'en est pas de même pour les trachées. Les liquides colorés introduits dans leur intérieur ne s'élèvent ordinairement que jusqu'au niveau du liquide dans lequel la tige est plongée; à peine, quelquefois, dépassent-ils de quelques lignes le niveau de ce liquide. Cela prouve bien évidemment que l'introduction des liquides colorés dans les trachées, n'est que le résultat d'une imbibition accidentelle; cela prouve en même temps que ces organes ne sont point aptes, comme le sont les tubes lymphatiques, à opérer l'ascension des liquides. Les trachées ont donc bien certainement d'autres fonctions, et, comme le prouve

l'observation anatomique, ces fonctions ont un rapport immédiat avec les fonctions des feuilles dans lesquelles elles existent en grande quantité. Or, les feuilles sont en quelque sorte les poumons des plantes. On sait que les animaux reçoivent de l'oxigène qui les environne, et qui se fixe sur leur sang, une influence vivifiante indispensable pour la conservation du mouvement vital : il était naturel de penser que les végétaux recevaient également d'un agent extérieur une influence vivifiante. J'ai prouvé (1) que cette *influence vivifiante* était donnée aux végétaux par l'action de la lumière, en sorte qu'une même fonction qu'on pourrait appeler *vivification*, est exercée par les animaux au moyen de l'*oxigénation*, et par les végétaux, au moyen de l'*insolation*. Or, il est permis de penser que le liquide qui a reçu dans les feuilles l'influence vivifiante, la transporte avec lui par le canal des trachées jusque dans l'intérieur de la tige; car les trachées s'étendent des feuilles à l'étui médullaire de la jeune branche qui les porte. Ainsi les trachées des végétaux auraient des fonctions analogues à celles des trachées des insectes : celles-ci conduisent l'air atmosphérique, qui est un *gaz vivifiant*; celles-là conduiraient un *liquide vivifiant*.

Les feuilles, les fleurs, les fruits des végétaux sont les parties auxquelles aboutit définitivement la sève ascendante. Là, une grande partie de ce fluide est

(1) *Recherches anatomiques et physiologiques sur la structure intime des animaux et des végétaux, et sur leur motilité*, p. 81.

chassée par la transpiration, et livrée à l'atmosphère, qui la dissout; une autre partie, soumise à l'élaboration organique, se convertit en sève nourricière : ce sont surtout les feuilles qui sont chargées de cette importante fonction; aussi y a-t-il cessation de nutrition dans un végétal dont on enlève sans cesse les feuilles; dès lors la tige de ce végétal cesse de croître; ses fruits, devenus stationnaires dans leur accroissement, ne tardent pas à se faner et à tomber. Les arbres que la nature appelle à porter le plus haut leur tige dans l'atmosphère, restent à l'état des plus faibles et des plus humbles arbrisseaux, lorsque leurs feuilles sont continuellement broutées par le bétail. Tous ces faits prouvent incontestablement que les feuilles sont les organes élaborateurs de la sève nourricière; elles joignent cette fonction à celle d'être, en quelque sorte, les *poumons* de la plante, ainsi que nous l'avons vu plus haut. Or, la sève élaborée étant formée dans les feuilles, doit nécessairement prendre, à partir de là, un mouvement descendant : ce mouvement descendant de la sève élaborée, est prouvé par une expérience très-connue. Si l'on enlève un anneau d'écorce à une branche d'arbre, la partie inférieure de la décortication annulaire cesse de s'accroître en diamètre, tandis que, dans la partie supérieure, cet accroissement reçoit un surcroît d'activité produit par la concentration, par la stase forcée du suc nourricier, lequel manifeste la tendance qu'il a à descendre par le bourrelet qu'il produit à la partie supérieure de la décortication annulaire. L'augmentation de nutrition

qui survient en même temps dans les fruits que porte la branche à la partie inférieure de laquelle a été pratiquée cette décortication annulaire, achève de prouver que la sève élaborée y est accumulée. L'enlèvement de l'écorce a suffi pour opérer cette accumulation, pour empêcher la sève élaborée d'obéir à la tendance qui la porte à descendre : on en a conclu que c'est par l'écorce que s'opère exclusivement la descente de la sève nourricière. Il faut l'avouer, cette conclusion n'est point une déduction rigoureuse du fait observé. En effet, la décortication occasionne la mort du tissu ligneux superficiel. Ne serait-il point possible que ce tissu ligneux de nouvelle formation, contribuât avec l'écorce à la descente de la sève? Cette opinion est celle d'un savant dont les ingénieuses expériences ont beaucoup contribué aux progrès récens de la physiologie végétale. M. Knight, dans un Mémoire publié en 1806, dans les *Transactions philosophiques* (1), rapporte quelques expériences, desquelles il conclut que la sève descend par l'aubier *lorsque cela est nécessaire pour la conservation de la plante.* Ainsi il regarde cette descente de la sève par l'aubier comme une marche en quelque sorte accidentelle, parce que, selon lui, les vaisseaux de l'aubier servent ordinairement à l'ascension de la sève. Mais l'aubier n'est pas une substance composée d'une seule espèce d'organes végétaux; il contient des tubes lymphatiques, bien certainement destinés

(1) *On the inverted action of the albarnous vessels of trees*

à l'ascension de la sève, et des clostres qui bien certainement contiennent de la sève élaborée, et sont très-probablement les organes de la transmission descendante de cette sève. Ainsi, il n'est point nécessaire d'admettre, avec M. Knight, que l'action des vaisseaux de l'aubier soit quelquefois *intervertie;* et si l'expérience prouve qu'effectivement la sève élaborée descend dans l'aubier, il faudra reconnaître que c'est par une action naturelle et constante de l'une de ses deux parties constituantes, c'est-à-dire par les clostres, puisqu'il est prouvé que les tubes lymphatiques servent à l'ascension de la sève. Voici les expériences sur lesquelles M. Knight fonde son opinion. Il avait remarqué que les tubercules ne sont point engendrés par un développement des racines, mais bien par un développement de certaines tiges souterraines qu'il nomme *coureurs* (1) (runners) : il supprima soigneusement ces *coureurs* sur un pied de *solanum tuberosum* appartenant à une variété hâtive: de cette manière, il empêcha la formation des tubercules. La sève élaborée se trouvant alors en surabondance dans la plante, développa en grosseur plusieurs parties de la tige, et y forma des espèces de tubercules aériens : en même temps il se développa sur la plante des fleurs auxquelles succédèrent des fruits,

---

(1) Je croyais avoir fait cette remarque le premier, dans mes *Recherches sur l'accroissement et la reproduction des végétaux;* je ne connaissais point encore, lorsque je les publiai, le Mémoire de M. Knight dont il est ici question.

ce qui n'arrivait point ordinairement à cette variété hâtive, dont toute la sève nourricière était employée au développement précoce des tubercules. Cette observation prouva à M. Knight que c'est la sève élaborée descendante qui nourrit les tubercules du *solanum tuberosum*. Alors il voulut savoir si ces tubercules grossiraient malgré la décortication annulaire de la tige auprès du sol : il pratiqua cette opération, et il vit que les tubercules situés au-dessous de cette décortication s'accrurent un peu en grosseur, mais bien moins qu'ils ne l'eussent fait si la tige fût restée dans son intégrité. M. Knight en conclut que c'est ordinairement par les vaisseaux corticaux que la sève élaborée descend vers les tubercules, et que dans l'expérience dont il est ici question, la voie ordinaire de la descente de la sève étant supprimée par la décortication annulaire, cette sève, pour descendre vers les tubercules, se fraya une route au travers des vaisseaux de l'aubier, dont l'action se trouva ainsi *intervertie*. Une autre expérience acheva de prouver à M. Knight que c'est effectivement la sève élaborée descendante qui nourrit les tubercules : il coupa presqu'entièrement plusieurs tiges de *solanum tuberosum* près de la surface de la terre, et ne laissa subsister de communication entre la partie aérienne et la partie souterraine de ce végétal, qu'au moyen d'une petite portion d'aubier revêtue de son écorce. Les tiges, ainsi préparées, produisirent toutes des tubercules aériens par le gonflement de leurs *articulations*, expression qui désigne d'une manière peu précise les parties

dont le développement tuberculeux a été déterminé par la stase de la sève nourricière, laquelle ne pouvant se transmettre en grande quantité à la partie souterraine du végétal, occasionna dans la partie aérienne un excès de nutrition de certaines parties.

Avant de connaître les expériences de M. Knight, qui viennent d'être exposées, j'avais fait ces mêmes expériences, et j'avais obtenu à peu près les mêmes résultats. Il est tout simple qu'on se rencontre dans le chemin de la vérité. La découverte de ces faits appartient à M. Knight; et si je rapporte les expériences du même genre que j'ai faites, c'est parce qu'elles offrent peut-être plus de détails que celles de l'excellent observateur qui m'a précédé dans cette carrière.

Dans la vue d'étudier les effets de la décortication annulaire chez les végétaux herbacés, je pratiquai cette opération à plusieurs tiges de *solanum tuberosum*, près de la surface du sol. J'avais eu soin de ne laisser à chaque tige qu'un seul tubercule dont j'avais soigneusement noté le diamètre, afin de voir s'il prendrait de l'accroissement : cette expérience eut un résultat auquel je ne m'attendais pas. Au bout d'un mois environ, je vis avec surprise que plusieurs de mes tiges de *solanum tuberosum* avaient produit des *tubercules aériens*, qui étaient situés dans les aisselles des feuilles, et étaient évidemment engendrés par un mode particulier de développement du bourgeon axillaire de la feuille : c'étaient véritablement des tiges renflées; aussi chacun de ces tubercules était-il terminé par un petit bouquet de feuilles appartenant à l'extrémité de ces

tiges renflées. Les tubercules aériens dont il est ici question étaient généralement fort petits; les plus gros égalaient la grosseur d'une noix; les plus petits n'étaient pas plus gros qu'un pois : ces tubercules, qui ne tenaient à la tige que par un pédicule grêle, comme des fruits y tiennent par leur pédoncule, étaient de couleur rose ou violacée; leur parenchime contenait de la fécule, comme celui des tubercules souterrains. Toutes mes tiges de *solanum tuberosum* ne présentaient pas ce phénomène de production de tubercules aériens; cependant, toutes étaient également décortiquées circulairement à leur partie inférieure. Je les soumis à un examen comparatif, pour savoir à quoi tenait cette différence; je m'aperçus que, dans les tiges qui avaient produit des tubercules aériens, la décortication annulaire avait occasionné la mort de la plus grande partie du tissu ligneux du système central, en sorte que la tige ne communiquait plus avec les racines que par un petit faisceau ligneux qui avait conservé de la vie. Au contraire, dans les tiges qui n'avaient point produit de tubercules aériens, le tissu ligneux subjacent à la décortication annulaire avait en entier conservé sa vie et sa fraîcheur, à l'exception seulement d'une très-légère couche superficielle de ce tissu ligneux, qui s'était desséchée. Au reste, dans toutes ces tiges de *solanum tuberosum* mises en expérience, les tubercules souterrains avaient pris de l'accroissement; mais cet accroissement était bien plus considérable aux tiges qui n'avaient point produit de tubercules aériens. Il me parut que je devais attribuer

la production de ces derniers à ce que la sève élaborée descendante éprouvait un obstacle à sa transmission vers les racines, par le fait de la très-faible communication qui existait entre la tige et les racines, au moyen d'un seul petit faisceau de tissu ligneux du système central. S'il n'y eut pas de production de tubercules aériens sur les tiges qui communiquaient largement avec les racines par la conservation intégrale du tissu ligneux subjacent à la décortication annulaire, cela me parut provenir de ce que la sève nourricière descendante n'était pas suffisamment retenue dans la tige, et qu'elle était transmise facilement aux racines par la communication établie au moyen du tissu ligneux. La validité de ce soupçon me fut confirmée par l'observation des tubercules souterrains, qui étaient considérablement développés aux tiges qui n'avaient point produit de tubercules aériens, tandis qu'ils n'avaient presque point pris d'accroissement aux tiges sur lesquelles ces tubercules aériens s'étaient développés. Ces phénomènes dépendaient évidemment de ce que la sève élaborée fournie par la partie aérienne de la tige, avait été transmise en grande quantité aux tubercules souterrains, et par conséquent n'avait point été retenue et accumulée dans les tiges qui, à cause de cela, n'avaient point produit de tubercules aériens. La production de ces derniers dépendait, au contraire, de la stase forcée de la sève élaborée dans les tiges, qui, par cette cause, n'avaient développé que fort peu les tubercules souterrains, auxquels elles ne pouvaient faire parvenir

qu'une très-petite quantité de sève élaborée. Il résultait de ces expériences, que le tissu ligneux du système central était propre, comme le système cortical, à transmettre la sève descendante : ce résultat, pour être incontestable, avait besoin d'être appuyé sur des observations nombreuses. Je répétai donc, pendant trois années de suite, les expériences que je viens de rapporter. Il est bon de faire observer ici que, pour voir réussir ces diverses expériences, il faut être favorisé par un temps constamment humide; car lorsque les tiges n'ont qu'une très-faible communication avec les racines, elles ne peuvent recevoir de ces dernières une quantité de sève lymphatique suffisante pour remplacer celle que la transpiration enlève à la plante par un temps sec. Lorsque le temps est pluvieux, les feuilles de la tige absorbent elles-mêmes du dehors la quantité de sève lymphatique nécessaire pour entretenir la vie et la fraîcheur de la plante.

Les résultats des expériences que je viens de rapporter m'avaient donné lieu de penser que la production des tubercules aériens était due à ce que la tige ne communiquait plus avec les racines qu'au moyen d'un petit faisceau de fibres ligneuses. Pour m'en assurer, je préparai un grand nombre de tiges de *solanum tuberosum*, de manière à faire artificiellement ce que le hasard avoit produit; après avoir opéré la décortication annulaire des tiges de cette plante auprès du sol, je ne laissai subsister qu'une très-petite portion du tissu ligneux du système central, et j'eus

soin de soutenir la tige en l'attachant à un étai. Dans d'autres tiges semblablement décortiquées, je laissai le sytème central dans toute son intégrité. Or, j'observai constamment que, dans toutes les tiges où cette intégrité du système central avait été conservée, il n'y eut point de production de tubercules aériens, tandis qu'il y en eut constamment sur les tiges où je n'avais laissé subsister qu'une petite portion de tissu ligneux à l'endroit de la décortication annulaire. On pourrait croire peut-être que la moelle serait le moyen de communication par lequel la sève descendante pourrait se transmettre aux racines; mais je me suis convaincu du contraire par l'observation d'une tige dont la moelle était entièrement détruite au niveau de la décortication annulaire, et dont le tissu ligneux conserva dans cet endroit son intégrité presqu'entière. Or, cette tige ne produisit point de tubercules aériens, ce qui prouve que, malgré la destruction de la moelle, la sève élaborée descendante était facilement transmise aux racines. Il n'y a donc aucun doute que ce ne fût par le tissu ligneux du système central que s'opérait cette transmission. Pour varier ce genre d'expériences, je préparai plusieurs tiges de *solanum tuberosum*, de manière à ce que chaque tige ne communiquât avec les racines que par un très-petit faisceau de tissu ligneux revêtu de sa petite portion d'écorce. Or, quelque petite qu'ait été la communication ainsi établie entre les racines de la tige, jamais il n'y a eu sur cette dernière de production de tubercules aériens. La différence qui se trouve ici entre les expériences

e M. Knight et les miennes, provient peut-être de ce que nous avons opéré sur des variétés différentes du *solanum tuberosum*. Quoi qu'il en soit, il résulte de ce fait que le tissu ligneux revêtu de son écorce, est pour la sève descendante la voie de transmission la plus libre et la plus facile. Ces expériences prouvent en outre, d'une manière décisive, que le tissu ligneux du système central peut opérer à lui seul la transmission de la sève élaborée descendante, et cela par une action qui lui est naturelle, et non par une action *intervertie*, comme l'a pensé M. Knight. Cette transmission de la sève élaborée descendante s'opère avec plus de facilité, lorsque le système central est revêtu par le système cortical ou par l'écorce : celle-ci est, par conséquent, la voie de transmission la plus facile pour la sève descendante; mais elle ne jouit pas exclusivement de ce privilége. J'avais déjà émis quelques idées sur cette théorie, dans mes *Recherches sur l'accroissement et la reproduction des végétaux* (1), et j'y avais été porté par la considération de la structure des bourrelets qui se forment dans les arbres à la partie supérieure de la décortication annulaire. J'avais observé qne ces bourrelets reproducteurs étaient composés non seulement d'écorce, mais aussi d'aubier, et j'avais cru pouvoir en conclure que la descente de la sève s'opérait par le tissu de récente production, et encore à l'état de mollesse du liber et de l'aubier tout à la fois. Les expériences que je viens

(1) *Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, t. 7, p. 417.

de rapporter, prouvent que ce premier aperçu était fondé; la sève élaborée descend effectivement à la fois par le système cortical et par le système central, dans les plantes herbacées, ce qui prouve qu'elle doit descendre également par ces deux systèmes à la fois chez les végétaux ligneux. Chez ces derniers, cette descente a spécialement lieu par les tissus fort jeunes, et pour ainsi dire *herbacés*, du nouveau liber et du nouvel aubier. Cependant il est probable que l'aubier dans son entier, ainsi que les couches d'écorce un peu plus âgées que le liber, contribuent aussi un peu à transmettre la sève descendante. Quant à la vieille écorce et au *duramen*, il paraît qu'ils sont l'un et l'autre étrangers à cette transmission. En effet, la métamorphose successive des couches d'aubier en *duramen*, semble prouver que le plus vieil aubier reçoit encore de la sève élaborée; car ce changement de l'aubier en *duramen*, est un phénomène chimique dépendant de la nutrition; phénomène lent à s'effectuer, et qui ne s'opère qu'après plusieurs années dans les arbres. J'ai fait voir, dans mes *Recherches sur la structure intime des animaux et des végétaux* (1), que ce changement s'opère par le durcissement et par la coloration d'une substance contenue dans les *clostres*, substance dont la production est due à la sève élaborée, et qui n'est dans le fait que cette sève elle-même devenue concrète par la vaporisation de son eau surabondante. Je suis donc porté à considérer ces

---

(1) P. 34.

clostres qui abondent dans le bois et dans l'écorce, comme les organes par lesquels se transmet la sève élaborée. Cette transmission s'opère, comme nous le verrons plus bas, par une action particulière des clostres, qui sont les uns à l'égard des autres dans un état de *succion :* c'est au travers des parois de ces organes que doit s'opérer cette transmission, car ils n'ont aucune communication directe entre eux. Au reste, le mouvement de la sève élaborée n'est pas toujours *descendant*, comme je l'ai établi jusqu'ici : en effet, il devient *ascendant* dans les pédoncules des fruits, puisque c'est à lui qu'est spécialement dû leur développement. Il devient également *ascendant* pour opérer l'élongation des tiges et le développement des bourgeons; car si la sève lymphatique ascendante était transmise aux bourgeons en développement telle qu'elle est puisée dans le sol par les racines, elle serait presqu'entièrement impropre à leur nutrition, puisqu'elle ne serait que de l'eau presque pure. Nous devons encore à M. Knight les expériences qui prouvent que la sève lymphatique en montant dissout une certaine quantité de sève élaborée qui est conservée dans le bois pendant l'hiver : or, j'ai prouvé que c'est dans les clostres que se fait ce dépôt de la sève élaborée et sa conservation; c'est donc de ces organes que sort la sève élaborée qui se mêle à la sève lymphatique ascendante : ce mélange est prouvé par les expériences suivantes de M. Knight. Il recueillit au printemps la sève ascendante du sycomore prise à différentes hauteurs au-dessus du terrain, et il mesura comparati-

vement sa pesanteur spécifique. Il trouva que la sève recueillie au niveau de la surface de la terre était insipide, et avait une pesanteur spécifique de 1,004; recueillie à sept pieds de hauteur, sa pesanteur spécifique était de 1,008; et à douze pieds de hauteur, cette même pesanteur était de 1,012, et la sève avait acquis une saveur douce (1). M. Knight fit les mêmes expériences, et avec les mêmes résultats, sur le bouleau (*betula alba*). Ces faits prouvent bien évidemment que la sève lymphatique ascendante dissout, à mesure qu'elle monte, une certaine quantité des substances extractives nutritives que contient le tissu du végétal, et c'est à cette addition qu'elle doit de devenir elle-même une sève nourricière pour les bourgeons dont elle opère le développement.

La sève lymphatique n'est pas toujours ascendante; on sait, en effet, que les feuilles pompent une grande quantité d'eau, quand l'atmosphère est humide : elles font alors, sous ce point de vue, l'office de racines; elles introduisent dans le végétal de la sève lymphatique; et celle-ci, introduite par la partie supérieure de la plante, doit nécessairement affecter une marche descendante. Voici deux observations qui prouvent directement cette marche descendante de la sève lymphatique : Un éboulement de terrain avait mis à nu, dans une grande étendue, une racine verticale d'un arbre sur laquelle il s'était développé un rejeton de

---

(1) *Philosophical transactions* 1825, *concerning the state in which the true sap of trees is deposited during winter.*

tige, à deux mètres environ de l'endroit où cette racine aboutissait au tronc. L'extrémité de cette racine était restée implantée dans le sol, et continuait ainsi à fournir de la sève à l'arbre. Je coupai, pendant l'hiver, cette racine au-dessous de l'origine du rejeton, en sorte que celui-ci fût privé de la sève lymphatique ascendante que cette racine lui eût fourni, et qu'il ne pouvait plus en recevoir que du tronc, c'est-à-dire par un mouvement descendant. Or, au retour du printemps, le rejeton végéta, et ne discontinua point, dans la suite, de s'accroître : ce fait me prouva que la sève lymphatique avait affecté dans la racine un mouvement descendant. Ayant fait la même expérience sur des racines qui ne portaient point de rejetons de tige, elles se desséchèrent toutes : ce second fait me prouva que la descente de la sève dans la racine était déterminée uniquement par l'*action vitale* du rejeton de tige qu'elle portait à son extrémité. L'effet de cette *action attractive*, transmis de proche en proche, s'étendait jusqu'au tronc de l'arbre, et déterminait la sève ascendante à prendre dans la racine verticale un mouvement descendant. Cependant, la sève lymphatique ascendante pénètre en rétrogradant, et par son propre mouvement, dans les racines isolées de la terre et privées de rejetons de tige, ainsi que me l'a prouvé une autre expérience. J'ai ôté la terre qui couvrait une racine de vigne, que j'ai découverte ainsi jusqu'à son origine du tronc, et j'ai tronqué cette racine à son extrémité : cette opération fut faite au printemps, à l'époque où la vigne verse abondamment de la sève

par ses rameaux tronqués; je vis la sève couler goutte à goutte, pendant un jour, par l'extrémité de cette racine tronquée, comme elle eût coulé par l'extrémité d'une branche coupée. Ainsi, nul doute que, dans cette circonstance, la sève lymphatique n'éprouvât un mouvement descendant. Je reviendrai plus tard sur cette expérience.

La formation de la sève élaborée est le résultat d'une fonction qui appartient nécessairement à tous les végétaux, car tous ont besoin de se nourrir; et pour y parvenir, ils doivent préparer leur substance alimentaire. Cette production de la sève élaborée peut être considérée comme le résultat d'une sorte de sécrétion. Duhamel a donné à cette sève élaborée le nom de *suc propre*. Or, il me paraît que, sous ce nom, on confond plusieurs fluides essentiellement différens. En effet, il existe chez certains végétaux un fluide, également le produit d'une sécrétion, qui est souvent laiteux, qui d'autres fois est gommeux ou résineux : ce fluide paraît essentiellement différent, du moins dans certains cas, de la sève élaborée nourricière. Ainsi, chez le *rhus typhinum*, par exemple, il y a dans l'écorce plusieurs rangées de tubes qui contiennent un fluide laiteux. Le système central de cet arbre ne contient aucun fluide semblable, et cependant les clostres de ce système contiennent de la sève élaborée, comme il y en a dans les clostres du système cortical : cette sève élaborée est donc différente du suc laiteux que renferment les tubes contenus dans l'écorce. D'un autre côté, il est difficile de

ne pas considérer comme une sève nourricière le fluide laiteux abondant qui remplit les deux systèmes cortical et central dans le figuier (*ficus carica*). Il me paraît donc que les qualités extérieures des fluides ne sont pas des indices suffisans pour déterminer leur nature et leur usage, par rapport au végétal; et il me paraît prouvé qu'on doit distinguer la sève élaborée pour la nourriture du végétal, de ces sucs sécrétés qui paraissent être des résidus excrémentitiels de la substance nutritive : tels sont, parmi ces derniers, les fluides résineux ou gommo-résineux que contiennent les *vaisseaux propres* de certains végétaux.

Le tissu cellulaire alvéolaire qui constitue la moelle, ou la *medulle centrale*, n'est point une voie de transmission pour la sève ascendante. J'ai expérimenté, en effet, qu'en laissant la moelle comme seul moyen de communication entre la partie inférieure et la partie supérieure d'une branche, cette partie supérieure se flétrissait, et se desséchait très-promptement. J'ai fait cette expérience sur des branches fort jeunes d'églantier (*rosa canina*), dont la moelle était encore à l'état de fraîcheur; car sur des branches âgées, dont la moelle est à peu près desséchée, cette expérience n'eût pas été concluante. On sait d'ailleurs, par les expériences de Sarrabat et de Bonnet, que les liquides colorés ne sont point aspirés par la moelle des branches coupées que l'on met tremper dans ces liquides par leur partie inférieure. Cependant, il est évident que le tissu cellulaire de la moelle des jeunes

branches, et même des grosses tiges de certaines plantes herbacées, est rempli de sève. Nous allons rechercher quelle est la nature de ce liquide médullaire, dont la marche doit être fort lente, et qui ne doit s'introduire dans la moelle qu'en pénétrant au travers des parois des cellules, qui n'ont aucune communication directe les unes avec les autres; car j'ai démontré la non existence de ces *pores*, ou plutôt de ces *trous* par lesquels, selon M. Mirbel, les cellules auraient communiqué directement les unes avec les autres (1). M. Dupetit-Thouars regarde la moelle comme le réservoir de la substance nutritive qui doit servir au développement des bourgeons. Cette idée me paraît juste à certains égards, et plusieurs faits semblent la confirmer. La moelle, en effet, n'est à l'état de *vie* que dans les très-jeunes branches qui développent actuellement des bourgeons, ou qui en ont à développer. Elle est toujours désséchée et frappée de mort dans les vieilles branches qui n'ont point de bourgeons, et ses cellules y sont vides, tandis qu'elles sont toujours pleines de sucs dans les jeunes branches. Que l'on examine, en hiver, une branche de vigne poussée dans l'année précédente, et garnie par conséquent de bourgeons, on trouvera la moelle devenue roussâtre, et frappée de mort partout, excepté dans chaque nœud, vis-à-vis de l'endroit où est situé le bourgeon qui paraît devoir se nourrir, au printemps, des sucs élaborés conservés dans cette

---

(1) *Recherches sur la structure intime des végétaux*, etc.

partie de la moelle avec laquelle il est en communication. Des expériences positives m'ont prouvé d'ailleurs que la moelle est le réceptacle des substances les plus élaborées, et les plus éminemment propres à la nutrition. J'ai rapporté plus haut que je suis parvenu à faire produire des tubercules aériens aux tiges du *solanum tuberosum*, en retenant dans ces tiges la sève élaborée, qui, dans l'état naturel, tend à descendre vers les racines, pour servir au développement des tubercules souterrains. Or, il m'a été facile de voir que ces tubercules aériens étaient formés spécialement par un développement considérable de la moelle des jeunes branches, ou plutôt des bourgeons. Chez eux le tissu ligneux avait presque entièrement disparu. La moelle, ainsi développée, contenait de la fécule, comme il y en a dans les tubercules souterrains. Cette *hypertrophie* de la moelle ne s'était pas bornée à former des tubercules aériens, elle avait gonflé presque toutes les jeunes branches dans le voisinage de leur insertion à la tige principale. J'ai voulu voir en quoi cette moelle, nourrie avec excès, différait, au microscope, de la moelle du même végétal dans l'état normal. Les cellules qui composent la moelle du *solanum tuberosum* offrent, comme c'est l'ordinaire chez tous les végétaux, une certaine quantité de ces corpuscules globuleux que j'ai considérés comme des organes nerveux (1). Or, j'ai vu que, dans la moelle qui avait un excès de nutrition, ces corpus-

---

(1) *Recherches sur la structure intime des végétaux*, etc.

cules étaient tellement nombreux, qu'ils ne laissaient aucun intervalle entre eux dans les parois des cellules qui les portaient. C'est donc en partie par l'augmentation du nombre de ces corpuscules globuleux que se marque l'excès de nutrition de la moelle, dont les cellules augmentent aussi considérablement en nombre. Chacun de ces corpuscules est un grain de fécule dans les tubercules. Or, j'ai démontré, dans l'ouvrage que je viens de citer, que ces corpuscules sont de petites cellules globuleuses remplies d'une substance particulière; il en résulte que l'état de fécule est une manière d'être de cette substance que je considère comme nerveuse, et que chaque grain de fécule est contenu dans une petite enveloppe membraneuse. Cette dernière vérité, à laquelle j'étais arrivé par l'observation anatomique, a été dernièrement démontrée par M. Raspail, qui, par l'analyse de la fécule, a fait voir qu'elle est composée d'une substance extérieure insoluble dans l'eau, et qui sert d'enveloppe à la substance soluble qu'elle renferme. On ne peut douter que ces corpuscules globuleux contenus dans les parois des cellules, n'aient un usage quelconque dans l'économie végétale. Dira-t-on que c'est de la matière nutritive mise en réserve pour les besoins de la plante? Cette idée, qui se rattache à l'opinion de M. Dupetit-Thouars sur les usages de la moelle, me paraît vraie; et cependant, à mon avis, la saine philosophie de la science s'oppose à ce qu'elle soit admise sans restriction. Aucune espèce d'être, dans la nature, n'a la destination expresse de servir à

la nourriture d'une autre espèce : cette destination n'est qu'éventuelle. De même, dans les êtres vivans, aucune espèce d'organe n'a la destination expresse et exclusive de nourrir les autres organes aux dépens de sa propre substance ; cette destination n'est de même qu'éventuelle ; chaque organe a des fonctions qui lui sont propres, et qui sont plus ou moins nécessaires à la vie générale de l'individu : c'est là la raison de son existence. Un organe, après avoir rempli ses fonctions pendant un certain temps, peut perdre son utilité ; il peut devenir impropre à remplir ces mêmes fonctions : c'est alors que la matière qui entre dans sa composition peut acquérir un nouvel usage purement éventuel, celui de servir à la nutrition des autres organes. Le règne animal nous offre un fait qui rendra cette vérité très-palpable. Les têtards des batraciens ont une queue musculaire, au moyen de laquelle ils nagent comme les poissons. Or, à l'époque de la métamorphose, la moelle épinière se retire de cette queue, selon M. Serres, et la prive ainsi de la vitalité énergique dont elle jouissait. Dès lors cette partie, devenue inutile sous le point de vue de ses fonctions antécédentes, n'a plus que l'utilité éventuelle de nourrir, aux dépens de sa substance, sans cesse absorbée, les autres parties de l'animal, et spécialement les membres postérieurs, qui se développent rapidement à cette époque, sans que l'animal ait besoin de prendre de la nourriture du dehors ; il a dans sa queue musculaire une substance nutritive toute élaborée, et qui n'a besoin que de chan-

ger de place. On en peut dire autant des autres matériaux organiques, qui, comme la graisse, sont absorbés pour servir à la nutrition, spécialement chez les animaux qui jeûnent pendant l'hiver. Ces substances organiques jouent un rôle particulier dans l'économie, ou sont les résultats nécessaires de l'action des organes; c'est d'une manière purement éventuelle qu'elles servent subséquemment à la nutrition : elles ne sont pas *faites exprès*. On en doit dire autant des substances qui, chez les végétaux, paraissent servir à la nutrition de l'individu dans lequel elles existent. Ces substances appartiennent à des organes dont les fonctions, nécessaires et actives à une certaine époque, ont été postérieurement abolies. Dès lors, les substances composantes de ces organes prennent, si leur nature le permet, l'utilité éventuelle de servir, par leur absorption et leur transport, à la nutrition des autres parties du végétal. Ainsi, pour revenir au *solanum tuberosum*, les tubercules, après l'époque de leur maturité, et lors de leur végétation, livrent leur substance composante, comme matériaux de nutrition, aux nouvelles tiges et aux nouvelles racines qu'ils produisent; alors ils ont cessé de vivre par eux-mêmes, et ils ne tardent pas à se flétrir, et à subir la décomposition putride qui détruit ceux de leurs élémens organiques que les nouvelles productions n'ont pu absorber. Ce que je viens de dire des tubercules du *solanum tuberosum*, peut et doit s'appliquer également aux substances nutritives qui accompagnent ordinairement les embryons végétaux.

Ces considérations me ramènent naturellement à mon point de départ : je veux dire aux fonctions de la moelle. Je ne contesterai point à M. Dupetit-Thouars son opinion sur l'*usage* qu'il attribue à cette partie du végétal, d'être le réservoir de la substance alimentaire des bourgeons, ou des *embryons fixes*, comme il les appelle ; cela me paraît même très-vrai. Mais je reconnaîtrai, dans cette même partie, *une fonction* antérieure à cet *usage*, et cette fonction doit être fort importante, à en juger par le volume considérable de la moelle dans les branches nouvellement sorties des enveloppes du bourgeon. Le système central de ces jeunes branches n'est véritablement que de la moelle environnée d'un étui médullaire. Or, si l'on considère que c'est à cette époque de formation première que la vie végétale a le plus d'activité, on sera porté à admettre qu'elle le doit aux organes qui entrent dans la composition de la production nouvelle ; ces organes sont les innombrables corpuscules globuleux qui sont situés dans les parois des cellules de la moelle. Or, si chez les animaux le système nerveux est le siége spécial de la vie, il pourra être permis de considérer comme analogues au système nerveux des animaux, les organes des végétaux auxquels paraît exclusivement due l'activité du mouvement vital, activité qui se manifeste par la rapidité de l'accroissement. On voit, par ces considérations, que ce n'est pas tout à fait sans raison que je considère les corpuscules globuleux des végétaux comme des *organes nerveux ;* je n'entends par-

là que *des organes spécialement dépositaires ou producteurs de la force particulière aux êtres vivans, et que l'on nomme* force vitale.

Ainsi, il est démontré que la moelle étrangère à l'ascension de la sève lymphatique, admet dans ses cellules la sève élaborée qui lui fournit les matériaux nécessaires à la formation et au développement des nombreux corpuscules que j'appelle *nerveux*, et qui existent en nombre plus ou moins considérable dans les parois de ces mêmes cellules. Or, comme la moelle est fort abondante dans les jeunes branches récemment sorties des enveloppes du bourgeon, il me paraît fort probable que, selon l'opinion de M. Dupetit-Thouars, la matière nutritive nécessaire à leur développement leur est fournie par la moelle de la branche mère, moelle qui, par l'abolition de ses fonctions vitales, n'a plus d'autre usage que d'être un reservoir de substance nutritive qu'elle livre à l'absorption des nouvelles branches avec lesquelles elle communique.

Il résulte des faits qui viennent d'être exposés, que la sève lymphatique et la sève élaborée ont chacune des organes spéciaux de transmission; ces deux sèves tendent à une diffusion générale chacune dans le système d'organes qui est spécialement affecté à sa transmission : si la sève lymphatique est la plupart du temps ascendante, cela provient de ce qu'elle tire principalement son origine de la partie terrestre du végétal; si la sève élaborée, au contraire, est la plupart du temps descendante, cela provient de ce qu'elle tire exclusivement son origine de la partie aérienne

n végétal; mais, dans plusieurs circonstances, ces eux sèves peuvent, comme nous venons de le voir, itervertir la direction la plus générale de leur marne. Dans ce mouvement de diffusion générale, la ève lymphatique affecte quelquefois une marche desendante, et la sève élaborée une marche ascendante. iinsi il n'y a point, à proprement parler, de circuition chez les végétaux; chez eux, il n'y a point de etour de la masse du fluide au point duquel il était arti, comme cela a lieu dans la circulation des aninaux : tout se réduit dans les plantes à la diffusion énérale de deux sortes de sèves, dont l'une tire généralement son origine des racines, et l'autre des ppendices de la tige, et qui doivent par conséquent ffecter dans cette diffusion une marche inverse.

Dans cet exposé de la marche générale de la sève, e n'ai point fait mention de l'épanchement de ce luide entre le bois et l'écorce, épanchement qui, dans es arbres, a lieu deux fois l'année, au printemps et u mois d'août. L'origine de cet épanchement séveux i'est pas encore bien connue; on ignore s'il est dû . la sève lymphatique ou à la sève élaborée. Comme 'est spécialement au printemps que ce phénomène e montre dans tout son développement, c'est-à-dire à 'époque où la sève lymphatique monte avec abonlance dans la tige, on serait, il semble, autorisé à penser que cet épanchement serait produit par cette lernière sève. Cependant, une observation qui m'est propre, semble prouver que c'est la sève élaborée qui fournit la matière de cet épanchement. J'ai vu un

gros tronc de noyer (*juglans regia*) abattu pendant l'hiver, chez lequel l'épanchement de sève entre le bois et l'écorce ne laissa pas d'avoir lieu au printemps. Ici, cet épanchement ne pouvait être opéré qu'aux dépens de la sève conservée dans le tissu de l'arbre depuis l'année précédente; il est probable par conséquent que c'était de la sève élaborée dont l'usage, dans cette circonstance, est de servir à la nutrition et au développement des deux nouvelles couches de liber et d'aubier. Cette sève paraît sortir du tissu ligneux de l'arbre par une marche horizontale, et je pense qu'elle est versée par le tissu cellulaire articulé horizontalement qui compose les rayons médullaires. Voici l'observation sur laquelle je me fonde à cet égard; je la tiens des ouvriers qui travaillent à décortiquer les jeunes chênes pour les besoins de la tannerie, et j'ai été plusieurs fois à même d'en constater l'exactitude. Lorsque les chênes sont en *pleine sève*, et qu'ils se décortiquent par conséquent avec beaucoup de facilité, s'il survient un vent froid du nord, l'épanchement de sève entre le bois et l'écorce disparaît presqu'entièrement, et il n'est plus possible d'enlever l'écorce. Cette disparution de la sève épanchée ne peut évidemment avoir lieu d'une manière aussi subite, que parce qu'elle rentre dans le tissu du végétal. L'observation que je viens de rapporter touchant ce tronc de noyer qui, quoiqu'abattu et privé de ses branches comme de ses racines, ne laissa pas de produire un épanchement séveux entre le bois et l'écorce, sert encore à prouver que c'est par une

marche transversale ou par une diffusion horizontale circulaire que s'opère cet épanchement de sève qui rentre par la même voie dans les tissus qui l'ont versée lorsque la température vient tout à coup à baisser. J'ignore comment la température agit dans cette circonstance, je m'en tiens à l'exposé du fait, qui peut porter à penser que c'est par les rayons médullaires que s'opère cette diffusion horizontale de la sève d'où résulte son épanchement entre le bois et l'écorce. Au reste, il paraîtra bien probable que cet épanchement, ou son abondance, est produit à la fois par la sève élaborée et par la sève lymphatique qui se mêle avec elle. L'opinion que j'émets ici sur les fonctions des rayons médullaires, que je considère comme les organes qui épanchent la sève entre le bois et l'écorce, est fortifiée par les considérations suivantes. On sait que les rayons médullaires appartiennent exclusivement aux végétaux dicotylés, qui seuls aussi s'accroissent en diamètre par la production de couches successives et concentriques. La production de ces nouvelles couches est le résultat de l'abondance de la sève nourricière, qui se porte entre le bois et l'écorce. Or, les végétaux dicotylés ayant seuls des rayons médullaires, et ayant seuls aussi cet épanchement de sève entre le bois et l'écorce, il est presque démontré par cela seul, que les rayons médullaires sont les organes exclusifs de cet épanchement, lequel, à son tour, est la cause immédiate de la formation ou du développement des couches successives de liber et d'aubier, par l'abondance des matériaux nutritifs qu'il apporte dans

cet endroit. J'avais déjà entrevu l'importance de la coexistence de ces faits, dans mes *Recherches sur l'accroissement et la reproduction des végétaux* (1). Voici mes expressions : *L'accroissement par couches concentriques est généralement lié avec l'existence des rayons médullaires ; j'ignore quel est le rapport précis qui existe entre ces deux phénomènes, mais leur coexistence étant générale, et les rayons médullaires existant avant l'accroissement par couches, l'existence des rayons médullaires peut être considérée comme la condition sans laquelle ce mode d'accroissement ne peut avoir lieu.* Alors je n'avais point encore fait de la marche de la sève l'objet d'une étude spéciale, je n'avais pu par conséquent saisir la nature du rapport qui existait entre les deux phénomènes de l'accroissement par couches et de l'existence des rayons médullaires, phénomènes dont j'apercevais seulement la liaison intime et constante. Aujourd'hui je vois l'existence des rayons médullaires constamment liée au phénomène de l'épanchement entre le bois et l'écorce de la sève, qui, par son abondance, provoque la formation des couches nouvelles chez les végétaux dicotylés. Je vois de plus, que chez les végétaux monocotylés, lesquels n'ont jamais de rayons médullaires, il n'y a jamais non plus d'épanchement de sève sous l'écorce; or, chez eux, il n'y a point de formation de couches nouvelles. L'absence de formation de ces dernières tient donc évidemment à l'ab-

(1) *Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, t. 7, p. 425.

sence de la sève épanchée, et l'absence de cet épanchement tient à l'absence des rayons médullaires. Une autre considération fortifie encore cette assertion. La transmission de la sève s'opère le plus naturellement et le plus facilement par les organes creux disposés en ligne droite; c'est généralement, selon la direction des organes linéaires, que s'opère cette transmission facile, c'est-à-dire selon la direction des tubes lymphatiques, qui sont tous des tubes articulés, et selon la direction du tissu cellulaire articulé, qui ne diffère véritablement des tubes lymphatiques que par la petitesse de ses parties articulées; enfin, selon la direction des clostres. Or, les rayons médullaires sont composés de tissu cellulaire articulé dans le sens transversal; en sorte que les organes linéaires qui les composent sont tous horizontaux. Ces séries rectilignes de cellules sont donc éminemment propres à la transmission de la sève dans le sens horizontal, et elles doivent verser ce fluide par leur extrémité, qui aboutit à l'intervalle du bois et de l'écorce. J'ai fait voir, dans mes *Recherches sur l'accroisement et la reproduction des végétaux*, que le système cortical possède ses rayons médullaires particuliers, qui viennent rencontrer ceux du système central sans se continuer avec eux. Ainsi la sève doit arriver, et du système central et du système cortical, par les canaux de leurs rayons médullaires respectifs, pour s'épancher dans l'intervalle de ces deux systèmes, et fournir ainsi les élémens nutritifs abondans, desquels résulte la formation des couches nouvelles de chacun de ces deux

systèmes. Une dernière considération vient encore à l'appui de mon opinion. Les feuilles sont composées d'une émanation du système central et d'une émanation du système cortical; leur pétiole a par conséquent son écorce particulière. Or, on ne voit jamais, même chez les végétaux dicotylés, cette écorce se séparer des organes subjacens par l'épanchement de la sève. Cela provient évidemment de ce qu'il n'y a point de rayons médullaires dans les pétioles, comme on peut facilement s'en convaincre par l'inspection des énormes pétioles que possèdent les feuilles de certaines plantes herbacées, telles que le chou (*brassica oleracea*). Cette absence dans les pétioles d'organes de transmission circulaire de la sève dans un sens perpendiculaire à l'axe, fait qu'il n'y a jamais d'épanchement séveux entre leur système central et leur système cortical, qui sont toujours intimement unis. Aussi les pétioles des feuilles ne s'accroissent-ils jamais par couches concentriques; ils ne grossissent que par ce que j'ai nommé l'*accroissement en largeur* dans mes *Recherches sur l'accroissement et la reproduction des végétaux* (1). Ainsi nous voyons l'épanchement de la sève entre le système central et le système cortical constamment lié à l'accroissement en diamètre par couches successives; nous voyons, d'un autre côté, cet épanchement de sève constamment lié à l'existence des rayons médullaires; nous voyons enfin que les rayons médullaires sont éminemment

(1) *Mémoires du Muséum*, t. 7, p. 393 et 397.

propres, par leur organisation, à opérer la transmission circulaire de la sève et son épanchement entre les deux systèmes. Nous sommes donc autorisés à considérer ces divers phénomènes comme étant sous une dépendance mutuelle et nécessaire, les uns comme causes, les autres comme effets; car c'est par la considération de la constance de la marche des phénomènes qui se montrent toujours associés, que nous sommes conduits à regarder leur enchaînement comme celui de la cause à son effet.

La marche de la sève, chez les végétaux monocotylés, n'a point encore été étudiée d'une manière spéciale : cette étude, d'ailleurs, présente de grandes difficultés, à raison du défaut de distinction qui existe, la plupart du temps, entre leur système cortical et leur système central, défaut de distinction qui me paraît tenir à l'absence des rayons médullaires. Nous avons vu en effet plus haut que cette absence produit ce même défaut de distinction des deux systèmes dans les pétioles des feuilles, chez les végétaux dicotylés; nous ne pouvons donc établir la détermination de la marche de la sève, chez les végétaux monocotylés, que sur des analogies de structure anatomique. En effet, les organes élémentaires de ces végétaux sont les mêmes que ceux des végétaux dicotylés; ils possèdent, comme eux, des tubes lymphatiques, des clostres, des trachées du tissu cellulaire médullaire, etc. Il y a grande apparence qu'ici les mêmes organes servent aux mêmes usages. Les tubes lymphatiques doivent servir à l'ascension de la sève; les clostres

doivent servir à son mouvement descendant; les trachées doivent conduire un liquide vivifiant puisé dans les feuilles; le tissu cellulaire médullaire, épars dans toutes les parties de la tige des monocotylés, et rempli de corpuscules nerveux, doit avoir le même usage que la moelle des dicotylés : aussi se remplit-il de même quelquefois d'une substance éminemment nutritive, comme cela s'observe chez le palmier-sagoutier (*sagus genuina* Labillardière), substance qui sert à nourrir la fructification de l'arbre, et dont l'emploi comme comestible, sous le nom de *sagou*, est bien connu.

Une question qui se rattache de fort près à celle de la marche de la sève, est celle de l'origine et de la formation des tubes qui servent de canaux à ce fluide. Tous les organes qui entrent dans la structure intime des végétaux, dérivent très-évidemment de la cellule, dont ils sont des modifications; il n'y a d'exception, à cet égard, que pour les trachées, dont l'origine est tout à fait mystérieuse. Les tubes lymphatiques, et sous ce nom je comprends ceux que l'on a désignés sous les noms divers de *tubes poreux*, de *fausses trachées* ou *tubes fendus*, et de *tubes en chapelet*, sont bien évidemment composés de cellules placées les unes à la suite des autres : ce que je nomme *le tissu cellulaire articulé*, n'en diffère que par la petitesse des cellules. Dans l'origine, ces tubes sont divisés intérieurement par des diaphragmes, ou par des cloisons articulaires formées par les parois juxtaposées des deux cellules contiguës : ainsi, les cavités de ces cellules ne communiquent point les unes avec les

autres. J'ai noté ce fait dans mes *Recherches sur la structure intime des animaux et des végétaux* (page 25), et je l'ai observé sur les tubes lymphatiques du bois de vigne jeune encore. Mais lorsque ce bois est âgé de quelques mois, l'organisation de ses tubes lymphatiques se trouve modifiée : alors, les cloisons articulaires de ces tubes ont disparu presque entièrement; il n'en reste à chaque articulation qu'un petit bourrelet circulaire, qui indique en dedans du tube la place qu'occupait auparavant la cloison dont il est le reste. Ainsi, les tubes lymphatiques ne forment un canal continu que par la disparition des cloisons articulaires qu'ils possédaient dans le principe. Ceci nous rend raison de la différence que présente le mouvement de la sève de la vigne dans les jeunes branches de récente formation, et dans le vieux bois. On sait qu'une incision faite au bois de la vigne, au commencement du printemps, donne lieu à une abondante émission de sève, qui est chassée au dehors par une force *à tergo* assez énergique. Or, à la même époque, les blessures faites aux jeunes branches récemment sorties du bourgeon, ne versent point de sève : ce fait prouve que la force *à tergo*, qui chasse la sève hors du vieux bois, éprouve un obstacle à son action dans les tiges récemment développées. Or, l'observation anatomique nous apprend que cet obstacle se trouve dans les cloisons articulaires que possèdent, dans les premiers temps, les tubes lymphatiques : alors, la sève ne peut pénétrer dans les articles successifs dont ces tubes sont formés, que par une lente

imbibition ; tandis que, dans le vieux bois, l'absence des cloisons articulaires fait, des tubes lymphatiques, des canaux dont la cavité non interrompue n'oppose aucun obstacle au cours de la sève.

Les vaisseaux propres sont tous des tubes articulés; ils dérivent, par conséquent, aussi du tissu cellulaire. Les clostres ne sont évidemment que des cellules modifiées d'une manière particulière ; il n'y a donc véritablement dans les végétaux que les trachées, dont les fils spiraux, réunis de manière à former des lames spirales, ne présentent aucune analogie avec le tissu cellulaire, et ne paraissent point, par conséquent, en tirer leur origine. Ainsi, les plantes ne possèdent que deux élémens organiques réellement différens : la cellule et le fil trachéal. Je n'expose ici qu'en passant cette considération, qui me paraît importante, et je m'empresse de revenir à mon sujet.

CHAPITRE II.

De la prétendue circulation du suc jaune dans la grande chélidoine.

Nous venons de voir qu'à proprement parler, il n'existe point de circulation de la sève, et que ce fluide est seulement soumis à une diffusion générale, laquelle affecte deux directions opposées, l'une ascendante et l'autre descendante. Ce mouvement de la sève est nécessairement fort lent. Or, des observations dues à M. Schultz, médecin à Berlin, tendent à faire croire qu'il existerait, chez certains végétaux, une circulation extrêmement rapide (1). C'est spécialement sur la grande chélidoine (*chelidonium majus* L.) que cet observateur a fait cette remarque : il affirme qu'en examinant au microscope, et avec le secours des rayons solaires, les nervures demi-transparentes des feuilles ou des pétales de la chélidoine, on aperçoit deux courans fort rapides, dirigés en sens inverse, l'un ascendant, l'autre descendant. M. Schultz admet que c'est le suc jaune de la plante qui se meut ainsi, en présentant en outre un mouvement de tré-

(1) Le Mémoire de M. Schultz a été traduit en français, et inséré par M. Jourdan aux tomes 16 et 17 du *Journal complémentaire du Dictionnaire des sciences médicales*.

pidation dans les globules dont il est composé. J'ai dû m'empresser de répéter ces observations ; et pour suivre en tous points les indications de cet auteur, j'ai commencé par observer les feuilles de la chélidoine sur la plante enracinée. Je n'ai pas tardé à me convaincre de la vérité de l'assertion de M. Schultz, relativement à l'apparence d'un mouvement de trépidation très-rapide dans les nervures transparentes des feuilles de cette plante, lorsqu'on les examine au microscope au moyen de la lumière du soleil, réfléchie par le miroir. La nervure de la feuille semble être un vaisseau unique, dans lequel se meuvent en tremblotant des corps qui semblent être des globules. M. Schultz prétend avoir observé que ces globules ont un mouvement de transport, et que le fluide qu'ils forment par leur assemblage offre deux courans, l'un ascendant et l'autre descendant. Quelque attention que j'aie apportée dans mes observations, il m'a été impossible d'apercevoir rien qui pût faire soupçonner l'existence de ces deux courans, rien même qui pût autoriser à penser qu'il y eût là un véritable mouvement de progression d'un fluide. On n'aperçoit, comme je viens de le dire, qu'un mouvement de trépidation fort rapide. Au reste, je me suis convaincu qu'il n'est point du tout nécessaire, pour voir ce mouvement, d'observer les feuilles de la plante pendant que celle-ci tient au sol ; car une feuille cueillie offre ce mouvement tout aussi rapide que la feuille qui tient à la plante enracinée. Ce n'est même, comme l'a observé M. Schultz, que lorsque la feuille est complètement fanée qu'on

cesse de l'apercevoir. Je l'ai observé, tout aussi rapide que dans le principe, dans une feuille à demi-flétrie qui était cueillie depuis deux jours. Ce phénomène ne peut s'apercevoir qu'en illuminant la feuille avec les rayons du soleil; la lumière diffuse du jour ne fait apercevoir aucun mouvement. On pourrait croire que, dans cette dernière circonstance, la lumière ne possède pas assez d'intensité pour percer au travers des nervures de la feuille, et apporter à l'œil l'image du mouvement qui a lieu dans l'intérieur de ces nervures. Cependant on peut rendre cette lumière diffuse extrêmement vive, et très-suffisante pour bien illuminer l'intérieur des nervures, sans qu'elle y fasse apercevoir le moindre mouvement. Il suffit, pour cela, de placer la feuille que l'on observe au microscope sur une lame de verre dépoli dont on éclaire la face inférieure avec les rayons du soleil réfléchis par le miroir concave du microscope, qui fait converger sur ce point une grande quantité de rayons lumineux, lesquels ne traversent le verre et la feuille qu'il supporte que sous l'état de lumière diffuse très-vive. Je le répète, cette observation ne fait apercevoir aucun mouvement dans les nervures des feuilles de la chélidoine. Ces faits me donnèrent des doutes sur la réalité de ce mouvement. D'ailleurs, il ne me paraissait guère probable qu'un mouvement d'une rapidité aussi extraordinaire se maintînt dans une feuille séparée de la plante, et cela pendant un aussi long temps. D'un autre côté, la cessation de ce mouvement, quand la vie avait complètement abandonné la feuille, sem-

blait attester qu'il y avait là une cause vitale. Pour éclaircir ces doutes, j'ai soumis les feuilles de la chélidoine à plusieurs expériences. J'ai commencé par faire l'anatomie des nervures de la feuille de cette plante. J'y ai trouvé des trachées en petit nombre, des tubes corpusculifères rayés en travers (*fausses trachées* de M. Mirbel), des tubes articulés contenant le suc propre et du tissu cellulaire. Lorsqu'on observe la feuille entière avec les rayons du soleil, on ne voit point du tout cette structure intérieure. J'ai examiné ensuite le suc propre au microscope; je l'ai trouvé composé d'une multitude de globules d'une excessive petitesse, et tout à fait inapercevables avec un grossissement médiocre, lequel suffit cependant pour voir les prétendus globules tremblotans dont je viens de parler. Ainsi, il me fut prouvé que ce ne sont point les globules du suc jaune que l'on voit ainsi se mouvoir en tremblotant. Mais on pouvait penser que ce mouvement résultait de la contraction et de la dilatation alternatives des tubes articulés, des cellules et des autres organes creux fort petits qui existent dans les nervures des feuilles. Ce mouvement de systole et de diastole, si son existence était démontrée, serait un fait d'une haute importance en physiologie végétale; je ne négligeai donc rien pour éclaircir tous les doutes à cet égard. Je résolus d'examiner ces feuilles au microscope solaire. Si le mouvement intérieur de leurs nervures était une illusion d'optique, cette illusion devait disparaître ici, puisque, dans ce genre d'observations, la vue n'est point dirigée sur l'objet lui-même, mais

ur son image considérablement grossie. Je soumis donc des feuilles de chélidoine au microscope solaire; leurs nervures fort transparentes n'opposaient aucun obstacle à la transmission de la lumière du soleil; on les voyait se peindre en lignes lumineuses qui contrastaient avec les intervalles obscurs occupés par le parenchyme vert de la feuille. Or, dans cette observation, tout me parut complètement immobile; il n'y avait dans les nervures aucune apparence de mouvement. Mais il se trouve ici un obstacle à l'observation. L'objet observé se trouvant précisément au foyer de la grande lentille du microscope, est bientôt brûlé par la concentration des rayons solaires. Pour obvier à cet inconvénient, je collai une feuille de chélidoine sur une lame de verre avec un peu d'huile d'olive, et je présentai cette lame de verre au microscope solaire, en plaçant la feuille du côté opposé à celui par lequel arrivaient les rayons du soleil. De cette manière, la transparence des nervures était encore plus parfaite, et la feuille resta en expérience sans se brûler. Or, je n'aperçus aucun mouvement de trépidation dans ses nervures. Cependant, avant l'expérience, j'avais vu ce mouvement, avec le microscope ordinaire, dans cette même feuille huilée, et je le vis de même après l'expérience. Dès lors il me parut prouvé que ce mouvement n'existait point dans la feuille, mais que son apparence était le résulat d'une illusion d'optique produite par un certain jeu de lumière. Je crus trouver la cause de cette illusion dans les réfractions multipliées produites par les petits organes transparens

qui contiennent les fluides, réfractions sans cesse variables par le mouvement inaperçu de l'œil de l'observateur. Ce fut dans cette idée que je publiai une note sur cet objet en 1824 (1).

Depuis ce temps, j'ai fait de nouvelles observations qui m'ont prouvé que le phénomène découvert par M. Schultz est très-réel, et que son apparence n'est point le résultat d'une illusion d'optique, comme je l'avais présumé. J'étais déjà revenu de mon opinion erronée à cet égard, lorsque M. Savi a fait paraître, dans le *Nuovo giornale de' letterati* (2), un travail qu'il a fait sur cette même matière. M. Savi admet que le mouvement de trépidation que l'on observe dans les nervures des feuilles de la grande chélidoine, provient des changemens rapides qui surviennent dans les intersections des anneaux lumineux produits par les globules du fluide contenu dans les vaisseaux de cette plante, et il en conclut que ce fluide se meut par un mouvement circulatoire. Il rejette la cause d'illusion d'optique que j'ai cru pouvoir admettre, et que, du reste, j'abandonne tout à fait. M. Savi ne fonde ses assertions sur aucune observation nouvelle; il n'a fait que répéter les observations de M. Schultz, et constater comme moi leur réalité.

L'une des raisons les plus fortes que l'on puisse produire pour prouver que le mouvement de trépida-

(1) Dans le *Journal complémentaire du Dictionnaire des sciences médicales*, t. 19, p. 289.

(2) Janvier et février 1825.

ion offert par la grande chélidoine n'est point dû à une illusion d'optique, est l'intermittence qui s'observe fréquemment dans ce mouvement. Cette intermittence a été notée par M. Schultz, et je l'ai très-souvent observée comme lui. Ce phénomène est fort remarquable. Au moment où le mouvement de trépidation est d'une vîtesse extrême, on le voit tout à coup s'arrêter, puis recommencer avec la même vîtesse l'instant d'après. Cette stase est générale dans tout le champ du microscope. Quelle est la nature de ce mouvement? Est-il produit par une circulation des fluides de la plante, ou résulte-t-il simplement d'un mouvement moléculaire qui aurait lieu dans ces fluides? On conçoit en effet que ces deux causes sont également susceptibles de produire ce phénomène, qui indique incontestablement des déplacemens rapides et multipliés dans les petits corps qui réfractent la lumière transmise au travers des nervures de la feuille. M. Schultz prétend que ce mouvement indique une circulation; M. Savi est du même avis. Il m'est impossible de partager leur opinion à cet égard. Si ce phénomène provenait d'une circulation, elle serait plus rapide que ne l'est celle des animaux, ce qui est incompatible avec la structure des organes des plantes. D'ailleurs, une pareille circulation se maintiendrait-elle sans perdre de sa rapidité, pendant plusieurs jours, dans une feuille séparée de la plante, et même presque totalement fanée, ainsi que je l'ai observé avec M. Schultz? J'ai vu d'ailleurs qu'en coupant transversalement la nervure d'une feuille dans deux en-

droits peu distans l'un de l'autre, on continuait à observer le mouvement dans le fragment isolé; ce qui n'aurait pas lieu s'il y avait là une circulation. Il faut donc renoncer à cette idée, et se porter vers celle d'un mouvement dans les molécules ou dans les globules dont le fluide jaune de la plante est composé. Or, quelle serait la nature de ce mouvement moléculaire? Un premier soupçon m'est venu à cet égard. On sait que le calorique imprime une impulsion réciproque aux molécules des corps. Ne serait-il pas possible que les globules de suc jaune, frappés par les rayons solaires, éprouvassent entre eux des changemens rapides dans leurs rapports mutuels, par le seul fait de la chaleur que leur communique ces rayons? Ce mouvement moléculaire suffirait en effet pour varier à l'infini et sans cesse les intersections des petits anneaux lumineux, et pour produire, par conséquent, l'apparence de trépidation que l'on observe; mais si telle était la cause du phénomène, il n'offrirait point d'intermittence. D'ailleurs les observations suivantes prouveront d'une manière décisive que ce n'est point à de la chaleur actuellement communiquée qu'est due la production du phénomène dont il s'agit; mais que ce phénomène est véritablement vital. L'influence du froid suspend chez les plantes les phénomènes de la vie. Il était intéressant de savoir si le mouvement de trépidation de la chélidoine serait suspendu par cette cause. Lors donc des premières gelées qui se manifestèrent aux approches de l'hiver, je m'empressai d'observer leur effet sur le phénomène qui nous oc-

ape. Un matin, le thermomètre était descendu à — degré R.; je pris des feuilles de chélidoine qui étaient couvertes de gelée blanche, et je les soumis au microscope. Je trouvai dans la plupart des nervures une absence complète de mouvement de trépidation. On n'apercevait ce mouvement que dans quelques-unes des nervures de moyenne grosseur, et il y était intermittent. J'ai vu une de ces nervures dont le milieu seul offrait ce mouvement; ses deux parties latérales étaient immobiles. Je vis une autre nervure complètement privée de mouvement, tandis que les deux branches dans lesquelles elle se divisait offraient une trépidation très-vive. Quelques jours après, par un froid de — 2 degrés R., je ne trouvai aucune trace de trépidation dans les feuilles de la chélidoine. En vain elles furent réchauffées par les rayons du soleil que rassemblait le miroir concave du microscope, il ne se manifesta aucun mouvement dans leurs nervures pendant plus d'une heure que je les observai. Toutes les chélidoines qui avaient été soumises à l'impression du froid offraient la même absence de mouvement. Je trouvai cependant une trépidation faible et intermittente dans les feuilles de l'une de ces plantes qui avait été garantie du froid par un abri.

Je répétai ces observations pendant deux hivers, afin d'être bien certain de leurs résultats. Je vis toujours le mouvement de trépidation cesser dans les feuilles de la chélidoine, lorsque le thermomètre était descendu à 1 degré au-dessous de zéro. Les feuilles soumises à ce degré de froid étaient quelque-

fois susceptibles de reprendre leur trépidation, lorsqu'elles étaient réchauffées par les rayons du soleil que rassemblait sur elles le miroir concave du microscope; mais lorsque le froid avait été plus intense, les feuilles de la chélidoine qui y avaient été soumises n'étaient plus susceptibles de présenter le phénomène de la trépidation lorsqu'on les réchauffait. C'est en vain qu'alors je les mis séjourner dans un appartement dont la température constante était de + 7 à 8 degrés R., elles ne reprirent point leur trépidation. Cependant ces feuilles, dont le pétiole trempait dans l'eau d'un vase, conservèrent pendant plus de quinze jours toute leur fraîcheur. Ainsi l'action du froid avait anéanti complètement le mouvement de trépidation dans les nervures de ces feuilles, et le retour d'une température plus douce ne suffisait pas pour reproduire ce mouvement dans des feuilles séparées de leur tige, et conservées au moyen de l'immersion de leur pétiole dans l'eau.

Tant que dura le froid de l'hiver, il ne se manifesta aucun indice de trépidation dans les feuilles de la chélidoine. Lorsque le dégel survint, je m'empressai de les observer, mais je n'y aperçus aucune trépidation, quoique le thermomètre se maintînt pendant plusieurs jours à + 3 et 4 degrés R., et même à des degrés plus élevés Les gelées qui avaient lieu souvent pendant la nuit, pouvaient être la cause de cette absence de la trépidation dans les feuilles de la chélidoine, malgré le retour d'une température qui, avant l'abolition de ce mouvement, était suffisante

pour qu'il se maintînt. Cependant, lorsqu'il eut tout à fait cessé de geler, je n'observai point encore de trépidation.

Le 20 janvier, je cueillis plusieurs feuilles de chélidoine, dans lesquelles on n'apercevait aucun mouvement, et je les conservai en mettant tremper leurs pétioles dans des vases pleins d'eau. La température, dans l'appartement où se trouvaient ces feuilles, ne fut point au-dessous de + 5 degrés, et elle fut, la majeure partie du temps, de + 8 à + 10 degrés. Or, pendant plus d'un mois et demi que je conservai ces feuilles dans l'état de vie et de fraîcheur, je n'observai aucune trépidation dans leurs nervures. Ce ne fut que le 8 mars que je commençai à apercevoir cette trépidation. Alors la température de l'appartement était de + 13 degrés. Cependant les chélidoines du dehors n'offraient encore aucun mouvement. Mais le 10 mars, la température extérieure étant de + 15 degrés, j'aperçus la trépidation dans la nervure de quelques-unes des feuilles. Ce phénomène ne fut généralement établi que plusieurs jours après.

Il résulte de ces observations, que la trépidation que l'on aperçoit au microscope dans les nervures des feuilles de la chélidoine, est un phénomène très-réel, et que son apparence n'est point due à une illusion d'optique, comme je l'avais pensé d'abord. Si le microscope solaire ne fait point apercevoir cette trépidation, cela provient probablement de ce qu'elle est abolie par la forte chaleur que produit, sur la feuille en expérience, la concentration des rayons

solaires opérée par la grande lentille du microscope. Cette trépidation, aux approches de l'hiver, subsiste dans toute sa force, malgré l'abaissement de la température jusqu'à zéro du thermomètre. Ce n'est qu'au-dessous de ce degré de température qu'elle disparaît tout à fait, pour ne plus se reproduire que lorsque la température environnante s'est maintenue, pendant un certain temps, jusqu'à + 13 ou + 15 degrés R. Ainsi, cette trépidation ne dépend point directement de l'influence actuelle de la chaleur, puisqu'un certain degré de température qui maintient très-bien ce phénomène est incapable de le reproduire. Il faut donc reconnaître que ce phénomène est *vital*. Toutes fois, nous ignorons en quoi il consiste essentiellement. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'il n'indique point une circulation des fluides, comme une certaine apparence l'a fait croire à M. Schultz. Il me paraît probable que ce phénomène est le résultat d'un certain mouvement moléculaire qui a lieu dans le suc jaune de la plante; car une trépidation tout à fait semblable, dans ses apparences, se fait apercevoir dans le sang des animaux immédiatement après leur mort. Or, ce dernier phénomène résulte incontestablement d'un mouvement des molécules du fluide sanguin. Je ne puis me dispenser de jeter ici un coup-d'œil sur ce second phénomène, quoiqu'il paraisse bien éloigné du sujet qui m'occupe spécialement. C'est également à M. Schultz que l'on doit les premières observations sur cette matière (1).

(1) La traduction française du Mémoire de M. Schultz est in-

Si l'on examine au microscope éclairé par les rayons du soleil, les parties transparentes d'un animal fraîchement tué, on voit, dans ses vaisseaux sanguins capillaires, un mouvement de trépidation exactement semblable à celui que l'on observe dans la chélidoine. Les raisons qui m'avaient porté à considérer le mouvement de trépidation de la chélidoine comme une illusion d'optique, m'avaient conduit à porter le même jugement par rapport au mouvement de trépidation qu'offre le sang des animaux; mais j'ai dû revenir de mon opinion à cet égard. Si, comme l'indique M. Schultz, on observe au microscope, avec les rayons solaires, l'oreille d'une souris coupée à l'animal vivant ou récemment tué, on voit, dans les vaisseaux sanguins, un mouvement de trépidation fort rapide, qui présente l'apparence d'une circulation qui aurait son cours des troncs dans les ramifications des vaisseaux. Pour faire commodément cette observation, il faut placer l'oreille de souris sur une lame de verre, et la mouiller pour prévenir la dessication, qui serait prompte sous l'influence des rayons solaires. De cette manière, j'ai observé, pendant vingt-cinq minutes, ce mouvement de trépidation dans les vaisseaux sanguins de l'oreille de la souris. Ce mouvement, en tout semblable à celui de la chélidoine, était, comme lui, sujet à des intermittences : il cessait tout à fait pendant un quart de seconde, puis il re-

---

sérée au tome 19 du *Journal complémentaire du Dictionnaire des sciences médicales.*

commençait tout à coup avec rapidité. Cela avait l'air, en quelque sorte, de spasmes interrompus par des momens de repos et de calme. Lorsqu'il a été sur le point de cesser, il s'est graduellement ralenti, ne présentant plus, sur la fin, qu'une trépidation fort lente. J'ai soumis à la même observation une portion détachée du mésentère de la souris : j'y ai vu le même phénomène de trépidation dans l'intérieur des vaisseaux sanguins, et ici il m'a été facile de voir qu'il n'y avait point de circulation, comme une apparence trompeuse l'a fait croire à M. Schultz. En effet, le vaisseau sanguin que j'observais était assez court, et divisé transversalement à ses deux extrémités. Or, quoiqu'il parût y avoir un courant dans son intérieur, il ne sortait rien de ses extrémités ouvertes. Une heure après la mort de la souris, je fis l'extraction d'une nouvelle portion de mésentère. J'y observai encore le mouvement de trépidation dans les vaisseaux sanguins ; mais il était devenu intermittent : il avait lieu par saccades irrégulières, et avait perdu beaucoup de sa rapidité. Après quelques minutes, il se ranima, et reprit toute sa rapidité première, puis diminua de nouveau, et cessa tout à fait au bout de dix minutes. Le sang extrait des vaisseaux d'un animal vivant, offre le même mouvement de trépidation. Il suffit, pour faire cette observation, de mettre une couche mince de sang sur une lame de verre, et de l'éclairer avec les rayons solaires, pour l'observer au microscope. Le mouvement de trépidation est fort rapide, et il offre des intermittences, comme les offre

sang renfermé dans les vaisseaux, comme les offre chélidoine : il diminue graduellement de rapidité, finit tout à fait lorsque le sang est coagulé. J'ai vu ue le sang artériel comparé au sang veineux, que le ing des mammifères comparé à celui des reptiles, n'of-ait aucune différence sous le point de vue de la rapi-ité du mouvement de trépidation dont il paraît animé.

On pourrait croire que le mouvement moléculaire, ui, dans le sang non circulant, produit cette appa-ence de trépidation, ne serait autre que celui qui nd à amener la coagulation. Dans ce dernier phé-omène, en effet, il y a une tendance générale des obules sanguins à se réunir; tandis qu'ils sont cons-mment dissociés dans le sang circulant. Par l'effet e cette tendance, les globules sanguins se meuvent our se rapprocher les uns des autres, jusqu'à ce que ur réunion soit complète et intime. Or, ce mouve-ent des globules sanguins suffirait pour produire des angemens rapides et multipliés dans les intersec-ons des anneaux lumineux produits par ces glo-ules; cela suffirait, par conséquent, pour donner eu à l'apparence de trépidation que l'on observe ors. Il serait donc possible de regarder la tendance u sang à la coagulation, comme la seule cause du hénomène dont il s'agit; mais cette explication ne eut point s'appliquer à la chélidoine, chez laquelle phénomène de trépidation est véritablement un hénomène vital, ainsi que nous l'avons vu plus haut. eci doit nous porter à admettre que, dans le sang, phénomène de la trépidation est également dû à la

vie, et que s'il cesse de se montrer quand la coagulation est complète, cela provient de ce que le sang possède une vie propre dont l'extinction est marquée par la coagulation.

Le sang, quoique privé de mouvement de transport dans les vaisseaux sanguins d'une partie fraîchement détachée d'un animal vivant, paraît cependant se mouvoir encore des troncs vers les rameaux : en un mot, on croirait, si l'on se contentait d'une observation superficielle, que le sang circule encore, quoique privé de l'impulsion du cœur. Nous avons acquis la certitude que cette apparence de circulation est une illusion d'optique, et ceci nous confirme dans l'opinion qu'il en est de même pour la chélidoine, chez laquelle il n'y a point de transport rapide d'un fluide, comme l'a pensé M. Schultz. Mais il reste démontré que, dans la chélidoine et dans plusieurs autres plantes à fluides laiteux, il existe, comme dans le sang des animaux nouvellement morts, un mouvement moléculaire d'une nature inconnue, mouvement qui imprime, aux rayons de la lumière solaire, une grande variété de réfractions sans cesse changeantes, d'où résulte le changement rapide et multiplié des intersections des anneaux lumineux, et par suite l'apparence de trépidation que l'on observe alors. Je ne me permettrai aucune hypothèse sur la nature de ce mouvement moléculaire qui a lieu dans l'intérieur de certains fluides organiques; mais ce phénomène me paraît mériter de fixer l'attention des physiologistes.

CHAPITRE III.

De la cause de la progression de la sève.

La recherche des causes qui président à la progression de la sève a enfanté plusieurs systèmes, et n'a conduit à aucun résultat positif. Malpighi pensait que la dilatation et la condensation alternatives de la sève, par l'effet de la température environnante, étaient la cause de la progression de ce fluide; plus tard, Sarrabat admit que le mouvement de la sève devait être attribué à la raréfaction et à la condensation alternatives de l'air, qu'il prétendait être contenu dans la moelle et dans les trachées; d'autres physiciens ont considéré l'ascension de la sève comme le simple résultat de la capillarité du tissu végétal : enfin, plusieurs physiologistes prétendent que les vaisseaux des végétaux sont pourvus d'une force contractile qui chasse de proche en proche le fluide séveux. De ces quatre hypothèses, les deux dernières seules méritent de fixer notre attention. Nous allons voir quel est le degré de confiance que nous pouvons leur accorder; et pour cela, nous devons étudier avec soin les conditions appréciables dont l'existence est nécessaire pour que la sève opère son ascension dans les plantes.

Les expériences de Hales ont appris avec quelle

force la sève monte dans la vigne : ce célèbre expérimentateur ayant adapté un tube de verre rempli de mercure à un cep de vigne tronqué, vit ce métal s'élever à 33 et à 38 pouces au-dessus de son niveau primitif, par l'effet de la force avec laquelle la sève tendait à sortir par l'extrémité tronquée du cep. Cette expérience, qui prouve bien évidemment que, dans cette circonstance, la sève monte en vertu d'une force impulsive *à tergo*, avait été mise en doute par Sennebier et par d'autres; mais ces résultats ont été rendus incontestables par MM. Mirbel et Chevreul, qui, ayant répété l'expérience de Hales, virent le mercure s'élever, dans cette expérience, à 29 pouces au-dessus de son niveau. Or, si l'on coupe une branche de vigne dans le moment où elle chasse la sève au dehors avec tant de force par son extrémité tronquée, et qu'on la plonge dans l'eau par son extrémité inférieure, elle pompera de l'eau par cette extrémité inférieure, mais elle ne versera plus de sève par son extrémité supérieure tronquée. La force impulsive *à tergo* a donc cessé d'exister dans cette dernière circonstance, puisqu'il n'y a plus d'expulsion de la sève par l'extrémité supérieure de la branche; et cependant la sève continue de monter dans cette dernière. Ceci nous fait voir que l'ascension de la sève, dans les plantes, est un phénomène complexe; elle est le résultat de deux causes qui, au premier abord, paraissent être différentes : la première de ces causes est une impulsion *à tergo*, dont nous ferons plus bas une étude spéciale; la seconde est le résultat de l'action des or-

ganes intérieurs de la plante sur le liquide qu'elle absorbe. Nous allons tenter de déterminer quelle est la nature de cette action.

Tout le monde sait qu'en mettant un végétal coupé tremper dans l'eau par sa partie inférieure tronquée, ce végétal absorbe l'eau, en opère l'ascension dans son intérieur, la transmet à toutes ses parties, et par ce moyen se maintient à l'état de vie et de fraîcheur pendant un temps quelquefois très-long. Or, l'absorption de l'eau dans cette circonstance est soumise à certaines lois qu'il est important de déterminer. En général, la quantité d'eau absorbée est proportionnelle à la quantité de l'émanation aqueuse opérée par les feuilles de la plante soumise à cette expérience. Or, la quantité de cette émanation aqueuse est en raison de la température de l'air ambiant, et en raison de son état hygrométrique. Plus l'air est à la fois chaud et sec, plus il y a d'émanation aqueuse opérée par les feuilles, et plus en même temps il y a d'eau absorbée par la partie inférieure de la tige. Cependant, comme on le pense bien, cet équilibre entre l'absorption et l'évaporation ne peut exister qu'autant que cette dernière n'est point trop considérable; car alors l'absorption ne peut plus suffire à réparer les pertes causées par l'évaporation, et la plante se flétrit ou se fane : plus il y a de feuilles sur la tige, plus il y a d'évaporation, et plus il y a par conséquent d'absorption. Cela est si vrai, qu'on voit cette dernière diminuer subitement de quantité lorsqu'on retranche des feuilles à une tige de végétal dont on a

auparavant évalué la force absorbante. C'est d'après ces observations que Hales a été conduit à considérer les feuilles comme ayant pour usage spécial d'élever la sève dans le végétal. On pourrait penser que cet usage des feuilles ne serait point le résultat d'une action spéciale qu'elles exerceraient; qu'elles n'opéreraient point directement l'ascension de la sève, mais que leur rôle se bornerait, dans cette circonstance, à favoriser l'évaporation de ce fluide par l'étendue de la surface qu'elles présentent à l'air, ce qui suffirait pour déterminer une absorption proportionnelle à l'évaporation. Les expériences qui vont être rapportées prouveront que cette manière de voir, plausible au premier coup-d'œil, est cependant fausse, et que les feuilles exercent une action vitale qui leur est propre pour attirer la sève et opérer son ascension.

La lumière influe d'une manière bien sensible sur les quantités respectives de l'absorption et de l'évaporation. On sait en effet, par les expériences de Hales, que les plantes transpirent beaucoup plus à la lumière que dans l'obscurité. On conçoit que la transpiration d'une plante soit augmentée par son exposition au soleil, dont les rayons directs, en échauffant les feuilles, augmentent l'évaporation des fluides qu'elles contiennent; mais on ne comprend pas de même comment l'exposition d'une plante à la lumière diffuse qui ne produit point de chaleur, augmente cependant son émanation aqueuse. Ce fait cependant est très-certain, et je m'en suis assuré par de nombreuses expériences sur des branches de végétaux

qui absorbaient l'eau par leur extrémité inférieure tronquée. J'avais soin de peser le matin et le soir la plante et le vase rempli d'eau dans lequel elle était plongée par son extrémité inférieure, et j'ai vu qu'il y avait toujours excès de l'évaporation sur l'absorption pendant le jour, et au contraire excès de l'absorption sur l'évaporation pendant la nuit; en sorte que la plante diminuait de poids dans le premier cas, et augmentait de poids dans le second. Ainsi, bien que l'absorption fût en général proportionnelle à l'évaporation, cependant la présence ou l'absence de la lumière diffuse, suffisaient pour changer la nature du rapport qui existait entre ces deux quantités : lorsque l'évaporation était forte ou faible, l'absorption l'était aussi; mais en suivant ainsi l'évaporation dans sa marche, l'absorption lui restait un peu inférieure pendant le jour, et lui était un peu supérieure pendant la nuit. Deux résultats se déduisent de ces observations : le premier est que la vacuité des vaisseaux des parties supérieures du végétal produite par l'évaporation des liquides qui y sont contenus, est une des causes déterminantes de l'absorption opérée par les vaisseaux de la partie inférieure; les vaisseaux et les cellules des parties supérieures ayant perdu par l'évaporation l'eau qui les remplissait, cette perte est réparée au fur et à mesure par l'introduction des liquides qui remplissent les organes situés au-dessous, et cette communication s'étend ainsi de proche en proche jusqu'aux orifices des vaisseaux qui pompent l'eau dans laquelle la tige est plongée par son extrémité infé-

rieure. Le second résultat est que la capillarité du végétal n'est pas la seule cause de l'absorption de l'eau et de son élévation dans la tige, car la capillarité ne varie point, et l'on ne voit pas par conséquent pourquoi pendant la nuit elle introduirait dans le végétal plus d'eau qu'il n'en est dissipé par l'évaporation, et pourquoi le contraire aurait lieu pendant le jour. Il y a donc évidemment ici une action vitale qui est modifiée par la présence ou par l'absence de la lumière. Nous allons voir cette conclusion confirmée par des expériences d'un autre genre.

Lorsque la tige d'une plante est coupée et abandonnée ainsi sur le sol, elle ne tarde point à se flétrir. Si la tige est herbacée, elle devient flasque et pendante; les feuilles deviennent molles, et cessent d'avoir leurs pétioles redressés. Si cet état de dessication n'est pas porté trop loin, la tige dont il est ici question est susceptible de reprendre son état de vie et de fraîcheur, en la mettant tremper dans l'eau par la partie inférieure. Bientôt on voit la tige pendante se redresser; les feuilles perdent leurs plis et leur état de mollesse; leurs pétioles se relèvent; en un mot, il se manifeste dans toute la plante un état turgide opposé à l'état de *flaccidité* qui existait auparavant. Cet état turgide provient manifestement de la réplétion des vaisseaux et des cellules de la plante. Or, il était important de savoir quelles sont les conditions nécessaires pour que cet état turgide puisse se reproduire; quelles sont celles qui s'opposent à leur retour. Dans cette vue, j'ai fait plusieurs expériences que j'ai

épétées un grand nombre de fois, et sur plusieurs es-
èces de végétaux, afin de m'assurer de la constance
t de la généralité des résultats auxquels je suis par-
enu. Je ne citerai de ces expériences que celles qui
ont faites avec une même espèce de plantes; et afin
e les rendre comparatives autant que possible, je les
i faites toutes en même temps, et j'ai eu soin d'em-
loyer des plantes à peu près de la même taille, et
xactement du même poids. Je coupai une tige de
ercuriale (*mercurialis annua*), et je l'abandonnai
ans cet état jusqu'à ce qu'elle eût perdu, par l'éva-
oration, les 0,15 de son poids. Ses feuilles et ses
ameaux étaient dans un état complet de flaccidité.
llors je la mis tremper dans un flacon plein d'eau
ue j'avais pesé avec soin auparavant. Au bout de
uatre heures, par une température de + 12 degrés
.., la plante avait repris complètement son état tur-
de; cependant elle n'avait pas repris tout à fait son
oids primitif. Je trouvai que, pendant ces quatre pre-
ières heures, la plante avait absorbé 20 grains et
emi d'eau par heure, et avait évaporé par ses feuilles
grains et demi d'eau également par heure. Dans les
uatre heures suivantes, et pendant le jour également,
température et l'état hygrométrique de l'air étant
s mêmes dans l'appartement où se faisait cette ex-
érience, la plante absorba seulement 9 grains et demi
eau par heure, et elle en évapora par ses feuilles
grains également par heure. Pendant la nuit qui
ivit, la plante absorba 7 grains et demi d'eau par
eure; elle en évapora 7 grains également par heure.

Alors elle avait repris son poids primitif. Le lendemain et les jours suivans, l'état de l'air ambiant ayant très-peu changé, la plante continua à absorber de 7 à 8 grains d'eau par heure, et l'évaporation qu'elle opéra suivit à peu près la même proportion; seulement elle était plus forte que l'absorption pendant le jour, et plus faible que cette dernière pendant la nuit. En un mot, la plante continua à se comporter comme un végétal auquel rien ne manque pour exercer les fonctions de la vie dans toute leur plénitude. Il résulte de cette expérience, qu'une mercuriale qui a perdu les 0,15 de son poids par l'évaporation, et qui par-là est devenue flasque et fanée, peut reprendre complètement son état turgide et sa fraîcheur, quand on lui fournit de l'eau à absorber par l'extrémité inférieure de sa tige; il en résulte encore que la vacuité des vaisseaux et des cellules, opérée par l'évaporation, et poussée seulement jusqu'au point qui vient d'être indiqué, augmente considérablement la rapidité de l'absorption et de l'ascension de l'eau dans le végétal. En effet, nous voyons dans cette expérience une plante qui absorbe 20 grains et demi d'eau par heure, lorsque ses vaisseaux et ses cellules sont dans un certain état de vacuité, et qui, rendue à peu près à son état turgide naturel, n'absorbe plus que 7 à 8 grains d'eau par heure, l'état de l'air ambiant n'ayant point changé. Cette expérience vient à l'appui de celles qui, plus haut, nous ont conduit à penser que la vacuité des vaisseaux des parties supérieures de la plante était une des causes déterminantes de l'absorption opérée par

partie inférieure. Il y a évidemment ici d'autant ıus de facilité pour l'introduction et pour l'ascension : l'eau, qu'il y a plus d'organes vides qui attirent ce ıide dans leurs cavités. On pourrait penser, d'après ·la, que le tissu végétal se comporte comme une ›onge, qui est d'autant plus avide d'eau que ses cel-ılles en sont moins remplies. Mais les expériences ıivantes vont nous faire voir que cette comparaison ıt inexacte.

Une mercuriale coupée depuis vingt-quatre heures ·ait perdu les 0,36 de son poids primitif. Alors je la ıis tremper dans l'eau par son extrémité inférieure ·onquée. Cette expérience se fit en même temps que précédente; en sorte que leurs résultats ne peuvent ıanquer d'être comparables. La plante était dans un ·at de flaccidité considérable; mais aucune de ses ·uilles n'était desséchée. L'absorption de l'eau fut ·ès-peu considérable pendant le premier jour; car lle ne s'éleva qu'à deux grains un tiers par heure, ıoique la plante fût à peu près de la même taille, eût primitivement le même poids que celle qui a ·é le sujet de l'expérience précédente, et qui, dans même temps et dans le même local, absorbait dans commencement jusqu'à 20 grains et demi d'eau par ·eure. La plante qui fait le sujet de cette seconde ex-·érience ne regagna que 12 grains de pesanteur pen-·ant les vingt-quatre premières heures; c'était l'ex-·ès de l'absorption sur l'évaporation. Quelques-unes ·es feuilles inférieures avaient repris leur fraîcheur leur état turgide. Le lendemain, la plante n'ab-

sorba plus qu'un grain et demi d'eau par heure; et comme ce qu'elle perdait alors par l'évaporation était plus considérable que ce qu'elle gagnait par l'absorption, elle commença à se dessécher, surtout aux extrémités des rameaux. Les jours suivans, cette dessication fut en augmentant, et bientôt il ne resta de vivant dans la plante que deux de ses petits rameaux les plus inférieurs. Nous voyons par cette expérience, qu'une vacuité des vaisseaux et des cellules, poussée jusqu'à la perte des 0,36 du poids primitif de la plante, diminue considérablement la faculté qu'avait le végétal d'absorber l'eau et de l'élever dans son intérieur, tandis que nous avons vu par la première expérience, que, par la perte des 0,15 de son poids seulement, la mercuriale avait augmenté l'énergie et l'activité de sa faculté absorbante. Cela prouve bien évidemment que la vacuité des vaisseaux de la plante n'est pas la seule cause déterminante de l'ascension de l'eau dans son intérieur; cela prouve également que cette ascension n'est pas due à la seule capillarité; mais qu'elle est en majeure partie due à une action vitale qui se trouve abolie par une perte trop considérable des fluides qui remplissaient les vaisseaux et les cellules de la plante dans son état de fraîcheur.

En même temps que ces expériences se faisaient, j'en faisais marcher parallèlement une autre du même genre. Une mercuriale coupée depuis vingt-huit heures, avait perdu les 0,46 de son poids primitif; l'ayant mise tremper, par sa partie inférieure, dans un flacon rempli d'eau, je mis le tout sous un récipient de

verre fermé avec de l'eau, qui couvrait entièrement la surface sur laquelle le récipient était appuyé. De cette manière, l'air renfermé sous le récipient avec la mercuriale fut bientôt saturé d'eau. La plante, dont la flaccidité était considérable, se trouvait ainsi dans la position la plus favorable pour récupérer promptement l'eau qu'elle avait perdue. Ses pertes ultérieures par l'évaporation devenaient à peu près nulles; il devenait ainsi bien plus facile d'étudier les progrès de l'absorption, et il n'y avait plus à craindre de voir la plante se dessécher, comme dans l'expérience précédente. Pendant les vingt-quatre premières heures, la plante absorba seulement 50 grains d'eau : ce qui fait 2 grains $^1/_{12}$ par heure; le second jour, elle absorba à peu près 1 grain $^1/_2$ par heure. Cette lente absorption continua à peu près sur le même pied pendant quatre jours, au bout desquels je trouvai que la plante avait récupéré, à peu de chose près, son poids primitif. Cette troisième expérience confirme pleinement le résultat de la deuxième, et fait voir, par l'extrême lenteur de l'absorption dans ces deux circonstances, que la vacuité des vaisseaux de la plante, poussée jusqu'à un certain point, diminue considérablement sa faculté d'absorber l'eau dans laquelle elle est plongée par l'extrémité inférieure de sa tige. Mais ici une réflexion se présente. L'imbibition préalable d'un tissu capillaire est nécessaire pour le disposer à absorber avec rapidité un liquide. Ainsi, une éponge parfaitement sèche pourra nager quelque temps à la surface de l'eau sans absorber ce liquide

d'une manière sensible, tandis qu'une éponge préalablement imbibée d'eau, et ensuite fortement exprimée, absorbera l'eau avec une rapidité prodigieuse. N'est-il pas possible que les plantes considérablement flétries qui font le sujet de ces deux dernières expériences, soient dans le cas d'une éponge sèche, comparativement à la plante qui fait le sujet de la première expérience, et qui serait dans le cas de l'éponge humide? De cette manière, les phénomènes qui viennent d'être observés rentreraient dans les phénomènes généraux de la capillarité. Pour apprécier cette objection, il faut se reporter à la cause qui fait que l'absorption est plus lente dans une éponge sèche qu'elle ne l'est dans une éponge humide. Dans la première, l'air est adhérent aux parois des cellules : il faut qu'il en soit chassé peu à peu par l'eau qui s'introduit; dans la seconde, au contraire, c'est de l'eau qui est adhérente aux parois des cellules qu'elle mouille, et ici l'attraction de ces parois pour l'eau est fortifiée par l'attraction que l'*eau mouillante* exerce sur l'eau qui s'introduit ensuite. On sait qu'en général un tissu capillaire absorbe de préférence le liquide qui mouille préalablement les parois de ses cavités capillaires; ainsi une éponge mouillée d'huile absorbera de l'huile de préférence à l'eau. Il en est de même de l'éponge *mouillée d'air*, si je puis m'exprimer ainsi; elle résistera à l'introduction de l'eau jusqu'à ce que tout l'air qui adhère à ses parties intimes soit remplacé par ce liquide, sur lequel alors elle exercera son action absorbante, sans aucun obs-

tacle. Or, en nous reportant aux plantes flétries qui n'opéraient qu'une faible absorption de l'eau, nous voyons qu'elles n'étaient point dans cet état de siccité qui fait que c'est l'air et non plus l'eau qui *mouille* les parois des cavités capillaires. Ces plantes étaient molles; elles étaient fort éloignées de cet état de desséchement qui est marqué ordinairement par une sorte de crépitation que font entendre les plantes sèches quand on les touche; elles contenaient évidemment encore beaucoup d'eau. Pour m'en assurer d'une manière positive, je fis sécher complètement les plantes qui avaient servi aux deux dernières expériences, et je vis que, réduites à cet état de siccité, leur matière solide se trouvait peser dans l'une les 0,17, et dans l'autre les 0,14 de ce que pesait la plante dans l'état frais. Par conséquent, la première contenait primitivement 0,83 d'eau; elle en avait perdu 0,36 lorsque je la mis en expérience : il lui restait par conséquent les 0,47 de la sève qu'elle possédait primitivement. La seconde plante, celle qui fut mise sous le récipient, possédait, dans le principe, 0,86 d'eau sur son poids total : quand elle fut mise en expérience, elle avait perdu les 0,46 de son poids primitif : il lui restait par conséquent alors les 0,40 de la sève qu'elle possédait dans l'état frais. On voit par-là que si les plantes très-flétries qui font le sujet de ces observations n'absorbaient l'eau qu'avec lenteur et difficulté, cela ne provenait point du tout de la siccité des parois de leurs cavités capillaires, puisqu'elles contenaient encore une quantité

d'eau qui était presque la moitié de celle qu'elles possédaient dans l'état frais. Par conséquent, ce n'est point en vertu de sa seule capillarité, et à la manière d'une éponge, que le tissu végétal absorbe l'eau. Quelle est donc la cause de cette absorption? Il est évident qu'il y a, dans cette circonstance, une action *vitale;* l'observation peut nous apprendre en quoi elle consiste, et quel est son mécanisme. Ici, pour marcher vers la connaissance de la vérité, il faut observer et noter les changemens appréciables qui sont survenus dans le végétal, et qui accompagnent la perte ou la diminution de sa faculté d'absorber et d'opérer l'ascension de l'eau. Or, nous ne voyons encore ici qu'un seul changement survenu dans ce végétal : c'est la diminution de l'eau, en quantité déterminée, dans le cavités capillaires de ses organes. Si c'est effectivement à la présence d'une certaine quantité de liquide dans les organes de la plante qu'est nécessairement attachée la faculté d'opérer l'ascension de l'eau, il devra suffire de rendre à la plante ce liquide intérieur, pour lui rendre de suite, et dans toute sa plénitude, cette dernière faculté. C'est effectivement ce dont je me suis assuré par l'expérience suivante. Une mercuriale coupée et flétrie avait perdu les 0,36 de son poids par l'évaporation. Je savais, par mes expériences antécédentes, que dans cet état elle ne pouvait récupérer complètement sa fraîcheur et son état turgide, en la mettant tremper dans l'eau seulement par la partie inférieure de sa tige, et en plein air. Je la couvris entièrement d'eau : au bout de douze

heures d'immersion, la plante avait repris complètement son état turgide et sa fraîcheur. Alors je la tirai de l'eau, et ne l'y laissai plus tremper que par la partie inférieure de la tige. La plante absorba et éleva l'eau dans son intérieur comme l'aurait fait une plante fraîchement coupée ; je la gardai pendant quinze jours dans cet état de fraîcheur, qui me prouvait qu'elle n'avait point souffert du tout de l'expérience à laquelle elle avait été soumise, et qu'il ne lui manquait rien de sa faculté d'opérer l'ascension de l'eau. L'immersion totale de la plante avait favorisé chez elle l'absorption de l'eau par toute sa surface, et avait ainsi occasionné la prompte et complète restitution du liquide qui avait été enlevé à son tissu par l'évaporation. Sans cette restitution, la plante n'eût opéré qu'une très-faible absorption d'eau par la partie inférieure de sa tige ; avec cette restitution, la plante s'est trouvée pourvue de toute la plénitude de sa faculté d'opérer l'ascension de l'eau ; c'est donc indubitablement à la présence d'une suffisante quantité de liquide dans les organes capillaires du végétal qu'est due, au moins en partie, la faculté qu'il a d'opérer l'ascension de l'eau. Je poussai plus loin la dessication sur deux autres mercuriales : l'une perdit les 0,61 et l'autre les 0,72 de son poids primitif par l'évaporation. La première avait encore la plupart de ses feuilles dans l'état de souplesse ; les feuilles de la seconde, à demi-souples, offraient déjà cette crépitation que font entendre les feuilles sèches lorsqu'on les touche ; cependant elles avaient encore un certain degré de

souplesse. Ces deux plantes ayant été ensuite entièrement plongées dans l'eau, la première, celle qui avait le moins perdu, reprit son état turgide et sa fraîcheur dans quelques-uns de ses rameaux; les autres, malgré leur immersion, demeurèrent dans leur état de flaccidité. Sortie de l'eau et mise seulement le pied dans ce liquide, cette plante absorba de l'eau pour maintenir la fraîcheur de ceux de ses rameaux qui l'avaient récupérée; les autres rameaux se desséchèrent. Quant à la mercuriale qui avait perdu le plus par l'évaporation, son immersion dans l'eau ne rendit à aucune de ses parties leur fraîcheur et leur état turgide; cependant ses feuilles étaient imbibées d'eau, mais elles étaient flasques. La plante ayant été retirée de l'eau au bout de vingt-quatre heures, et mise seulement le pied dans ce liquide, conserva sa flaccidité, n'absorba aucunement l'eau dans laquelle trempait sa tige par son extrémité inférieure, et ne tarda pas à se dessécher complètement. Ici de nouveaux résultats se présentent à notre observation : nous voyons qu'une plante dont la dessication a été portée trop loin, perd tout à fait la faculté de redevenir turgide et d'opérer l'ascension de l'eau dans son intérieur. Cependant toutes ses parties ont récupéré l'eau qui leur avait été enlevée; cependant ses feuilles livrent l'eau qu'elles ont recupéré à l'évaporation. Or, par la vacuité progressive qui résulte dans leur tissu de cette évaporation, il semblerait que l'eau devrait être sollicitée à monter dans l'intérieur de la tige pour venir remplacer cette eau évaporée, comme cela a lieu dans un

végétal frais. Mais ce phénomène n'a point lieu. La capillarité du végétal ne serait-elle plus la même? Mais il est évident que cette capillarité n'a pu être altérée par une évaporation lente de l'eau contenue dans les cavités capillaires du tissu organique. Que manque-t-il donc à la plante pour absorber et élever l'eau? la simple observation des faits nous l'indique. Nous avons vu qu'en restituant l'eau ou tissu organique d'une plante qui n'en avait pas considérablement perdu, nous lui avons restitué premièrement son état turgide, et par suite sa faculté d'opérer l'ascension de l'eau, faculté qu'elle avait perdue en grande partie. Nous venons de voir que c'est en vain qu'on restitue de l'eau à une plante dont la dessication a été poussée trop loin; elle s'imbibe d'eau complètement, et autant que le veut sa capillarité, mais elle ne reprend point son état turgide, ni par suite sa faculté d'opérer l'ascension de l'eau. Ainsi cette dernière faculté est nécessairement liée à l'existence de l'état turgide. Or, la faculté de reprendre cet état turgide disparaît complètement lors de l'évaporation très-avancée des *fluides organiques* qui remplissent les organes capillaires du tissu végétal. En effet, lors de la dessication d'une plante, on peut juger, par l'odeur qu'elle exhale, qu'elle ne perd pas seulement de l'eau pure par l'évaporation, mais que cette dernière dissipe véritablement les fluides organiques qui remplissaient les organes de la plante. Par cette perte d'une partie de leurs élémens constituans, les fluides organiques se trouvant altérés dans leur composition,

la substance verte qui remplit les cellules végétales manifeste spécialement, par son changement de couleur qu'elle a subi, une altération profonde. La plante desséchée et ensuite imbibée d'eau, ne reprend point *sa fraîcheur*, c'est-à-dire la belle couleur verte qu'elle avait auparavant. Cette couleur est remplacée par une teinte brune et terne. C'est donc à l'*existence* et à l'*intégrité* des *fluides organiques* qu'est due la faculté que possède le végétal d'être turgide : cette faculté n'est point altérée par une dessication légère, qui n'opère l'évaporation que de la partie aqueuse surabondante de ces *fluides organiques :* cette légère vacuité des organes qui n'altère point leur faculté de devenir turgides, augmente, comme nous l'avons vu, l'activité de l'absorption et de l'ascension de l'eau. Lorsque la dessication de la plante est portée jusqu'à un certain point, qui, quoique déjà considérable, ne l'est cependant point assez pour altérer d'une manière notable la composition des fluides organiques, la faculté de reprendre l'état turgide se trouve considérablement diminuée, et, par suite, la faculté d'opérer l'ascension de l'eau ; mais la plante peut récupérer la plénitude des ses facultés vitales par l'immersion complète dans l'eau ; ce moyen suffit pour lui rendre toute l'eau qu'elle avait perdue, il ne lui manquait que cela. Ses fluides organiques n'étaient point altérés dans leur composition, la substance verte avait conservé sa couleur ; mais lorsque la dessication est portée jusqu'à porter atteinte à la composition des fluides organiques et des autres substances contenues

dans les cellules du végétal, alors disparaît chez ce dernier la faculté de devenir turgide, et, par suite, le pouvoir d'opérer l'ascension de l'eau; par conséquent l'état turgide est lié d'une manière nécessaire à l'intégrité des liquides, et, en général, des substances contenues dans les cellules du végétal. Ainsi, voilà deux conditions indispensables pour l'existence de l'état turgide chez les végétaux : 1° la présence dans leurs organes d'une certaine quantité de liquide; 2° l'intégrité de la composition des substances organiques contenues dans ces mêmes organes. Lorsque ces deux conditions cessent d'exister, alors disparaît dans le tissu organique végétal le pouvoir d'opérer l'ascension de l'eau, pouvoir nécessairement lié à l'existence de l'état turgide. Ainsi, ce qui distingue essentiellement le végétal *mort* du végétal *vivant*, consiste en ceci: que chez le premier, le tissu végétal étant aussi plein d'eau que le veut sa capillarité, il n'est cependant point *turgide*, il demeure *flasque*. Le second, au contraire, remplit d'eau ses cavités capillaires d'une manière tellement surabondante, qu'il en résulte un état turgide général. Cette faculté de devenir turgide dépend d'une force locale inhérente aux organes mêmes qui sont le siége de cet état turgide; car on le voit subsister pendant un certain temps dans des parties détachées d'un végétal, telles que des feuilles, et même dans de petites portions de feuilles. Cette faculté d'être turgide est une *faculté vitale* du végétal. Par cette expression *faculté vitale*, je ne désigne point une faculté occulte, comme on pourrait le

croire ; nous verrons plus bas en quoi elle consiste. Il nous suffit ici d'avoir déterminé quelles sont les conditions de l'existence de l'état turgide chez les végétaux, et d'avoir prouvé que l'état turgide des petits organes creux du végétal est la condition nécessaire de l'ascension de la sève par *adfluxion*. C'est par cette expression nouvelle que je désigne la progression de la sève lorsqu'elle coule en s'approchant du lieu où se trouve la cause qui la sollicite, ou qui l'attire. Ainsi, dans une tige coupée et qui trempe dans l'eau par son extrémité inférieure, c'est seulement par *adfluxion* que l'eau monte au travers de la tige vers les feuilles qui opèrent cette ascension du liquide; mais chez un végétal qui tient à la terre par ses racines, il y a, outre le mouvement de la sève par *adfluxion*, une progression de ce fluide par *impulsion*, résultat évident d'une force *à tergo*. Ici, la sève se meut en s'éloignant du lieu où se trouve la cause de sa progression. L'observation va nous éclairer sur la nature de ce second phénomène.

Au printemps, lorsque la vigne versait abondamment de la sève lymphatique par les blessures faites à son bois, je choisis une tige de ce végétal longue de deux mètres, et j'en tronquai l'extrémité, de laquelle la sève sortit aussitôt en gouttes qui se succédaient assez rapidement. Je laissai couler ainsi la sève pendant une heure, pour voir si son écoulement était établi d'une manière régulière et permanente. Après m'être assuré que cet écoulement ne souffrait aucune interruption, et que les gouttes se succédaient à des

tervalles de temps toujours les mêmes, je fis cou-er d'un seul coup la tige auprès de la terre. J'obser-ais, pendant ce temps, l'extrémité qui versait la ve, et je vis que le moment même de la section fut lui de l'interruption de l'écoulement de la sève. Ce it me prouva que la sève, abondamment contenue ns la tige ainsi séparée du sol, ne trouvait aucune use d'impulsion dans cette même tige ; il fallait onc chercher dans les racines cette cause impulsive. n effet, la portion de tige qui restait en communi-ation avec les racines, après l'ablation de la longue ortion que j'avais fait couper près de terre, conti-uait seule à verser abondamment de la sève par toute . surface de sa section. Je fis enlever la terre qui cou-rait les racines, et je coupai transversalement ces ernières ; je vis la sève sortir seulement de leurs por-ions inférieures qui étaient encore plantées dans le ol. Je poursuivis cette recherche dans le même sens, t en descendant toujours plus bas ; je vis constam-ent la sève sortir exclusivement de la partie la plus nférieure des racines, et j'arrivai ainsi jusqu'au *che-elu*, où se trouvait évidemment l'origine de cette orce impulsive. Ce *chevelu* est composé d'une im-ense quantité de radicelles, toutes terminées par un etit cône blanchâtre : ce petit cône, qui est en quel-ue sorte le bourgeon terminal de la racine, a reçu e M. Decandolle le nom de *spongiole*, qui exprime usage de cette partie connue pour être le siége à peu rès exclusif de l'absorption opérée par les racines. e conserverai ce nom, quoiqu'il puisse avoir l'incon-

vénient d'entraîner l'idée que ce serait à la manière d'une éponge morte (telle qu'elle est pour servir à nos usages domestiques) que la spongiole s'imbiberait de l'eau qui l'environne ; idée qui serait fort éloignée de la vérité. Le hasard me fit rencontrer quelques radicelles qui, plus grosses que les autres, étaient aussi terminées par des spongioles plus grosses. Je pris une de ces radicelles, et je plongeai son extrémité seulement dans de l'eau. J'observais, pendant ce temps, à la loupe, la surface de la section de l'autre extrémité de cette radicelle; je ne tardai pas à voir cette surface se couvrir d'eau, qui sortit par le système central exclusivement : le système cortical n'en fournit point. Cette expérience me prouva que la spongiole est véritablement l'organe auquel est due la force impulsive qui produit l'ascension de la sève : cette partie est en même temps l'organe spécial de l'absorption de l'eau, ainsi que l'a prouvé Bonnet (1). J'ai vu, comme lui, qu'en plongeant des racines pourvues de leur chevelu dans un liquide coloré, il n'y a que leur spongiole qui s'imbibe de ce liquide, lequel passe immédiatement de là dans le système central de la radicelle. Il n'y a donc point de doute que la spongiole ne soit en même temps l'organe de l'absorption et l'organe de l'impulsion de la sève lymphatique : la force considérable avec laquelle on voit cette sève sortir des extrémités tronquées des tiges de la vigne, est le résultat et la somme de toutes les petites actions partielles exer-

---

(1) *Recherches sur l'usage des feuilles*, 5e Mémoire, § 92.

sées par chaque spongiole. La sève introduite dans les tubes lymphatiques, dont le canal est libre et ouvert depuis l'extrémité des racines jusqu'à celle des tiges, y trouve soumise à une pression qui la détermine à sortir par toutes les ouvertures qui sont faites à ces tubes ; aussi l'ai-je vue sortir par l'extrémité tronquée d'une racine détachée du sol, et qui ne communiquait qu'avec le tronc de la tige, ainsi que je l'ai déjà rapporté plus haut. Ici, la sève lymphatique affectait un mouvement rétrograde par l'effet de la pression générale à laquelle elle était soumise dans l'ensemble des cavités tubuleuses qui la contenaient. Ainsi, ce sont les spongioles qui sont le siége et l'origine de cette force *à tergo* qui produit la pression de la sève, et par suite sa progression ascendante par impulsion. Il nous reste actuellement à déterminer en quoi consiste cette action impulsive des spongioles : avant d'aborder cette question, il est nécessaire de jeter un coup-d'œil sur la structure de ces organes.

Les spongioles de la vigne, observées au printemps, sont de couleur blanchâtre; leur tissu, tendre et délicat, est entièrement composé de tissu cellulaire corpusculifère. Une partie de ce tissu est articulée en séries longitudinales; c'est celle qui occupe le centre; il fait suite au système central de la radicelle, et ses cellules articulées sont les élémens des tubes également articulés que j'ai nommés *tubes corpusculifères* ou *lymphatiques*, et qui servent exclusivement à l'ascension de la sève. Le tissu cellulaire qui est situé en dehors de celui-ci, et qui fait suite au système

cortical de la radicelle, est tout à fait irrégulier, très-transparent, et couvert de corpuscules d'une excessive petitesse. Si on le couvre d'une goutte d'acide nitrique, il se forme dans l'intérieur de ses cellules de petits caillots opaques, résultat de la coagulation d'un fluide qu'elles contenaient. Cette couche corticale, d'une grande délicatesse dans le principe, devient plus solide en vieillissant, et se couvre d'un épiderme brunâtre, pareil à celui qui revêt le reste de la radicelle. C'est ainsi qu'on trouve les spongioles de la vigne vers la fin de l'automne. Alors la sève a cessé de monter des racines dans la tige, et cette suspension du mouvement ascendant de la sève coïncide avec l'absence des spongioles, ou plutôt avec le changement survenu dans leur organisation; elles ont perdu, en vieillissant, la délicatesse de tissu qui paraît leur être nécessaire pour remplir leurs fonctions. Au printemps suivant, on voit une nouvelle spongiole, délicate et blanchâtre, sortir de la pointe de la spongiole endurcie qui forme le bout du filament de chevelu, ou de la radicelle produite l'année précédente. Alors la spongiole ancienne devient une partie du corps de la radicelle; en sorte qu'il n'y a là qu'une production successive de parties nouvelles, de la même manière que cela a lieu dans les tiges. La partie de la radicelle qui est nouvellement formée, participe un peu de la délicatesse d'organisation que possède la spongiole; elle a comme elle un système cortical épais, composé de tissu cellulaire. Au bout d'un an environ, cette couche corticale meurt et se putréfie, en sorte que le

filament de chevelu se trouve alors réduit à son axe ligneux central presque dépouillé d'écorce; aussi est-il plus grêle que le chevelu de production nouvelle qui lui fait suite. Ces observations m'ont appris que les végétaux ne perdent point tous les ans leur chevelu, pour le remplacer par un autre, comme quelques auteurs le pensent, assimilant ainsi le chevelu des racines aux feuilles des tiges. La seule perte annuelle que fassent les racines consiste dans la couche corticale cellulaire, qui revêtait dans leur jeunesse les radicelles qui composent le chevelu. C'est cette couche cellulaire délicate qui est spécialement l'organe de l'absorption.

La spongiole, toujours distincte par la délicatesse de son tissu de la radicelle, à laquelle elle fait suite, ne s'en distingue pas toujours par un plus grand volume. Chez beaucoup de plantes, les radicelles représentent des filamens à peu près d'une égale grosseur dans toute leur longueur, et se terminent en pointe. Le végétal chez lequel la spongiole offre les caractères les plus tranchés pour se distinguer de la radicelle, est peut-être la lentille aquatique (*lenticula gibba*). Cette petite plante possède une spongiole très-volumineuse, relativement aux dimensions de la racine. Celle-ci est grêle et blanche; la spongiole qui la termine est renflée et de couleur verte. C'est par l'observation de cette plante qu'on peut se convaincre facilement que la spongiole est bien véritablement un organe distinct du corps de la radicelle.

L'observation nous a démontré que c'est dans les

spongioles qu'existe la cause première de la pression qu'éprouve la sève lymphatique dans les canaux qui la contiennent, et par conséquent que c'est de ces organes que dérive la force à *tergo* qui communique l'impulsion à ce fluide. Cherchons à déterminer quelle est la nature de cette force.

Deux hypothèses peuvent servir à expliquer l'état de pression où se trouve la sève dans les tubes lymphatiques : 1° quelques faits ayant prouvé que cette sève est souvent mêlée d'air, on peut croire qu'il y aurait dans le végétal une production de gaz, lesquels tendant à l'expansion à mesure qu'ils se forment, imprimeraient ainsi une impulsion à la sève, dans les canaux de laquelle ces gaz sont contenus; 2° on peut croire, avec plusieurs physiologistes, que les organes creux qui contiennent la sève se contractent sur ce fluide, comme le cœur se contracte sur le sang des animaux.

La présence de l'air mêlé avec la sève dans les tubes lymphatiques, est un fait certain. On connaît l'expérience de Coulon, que j'ai déjà rapportée plus haut : un trou horizontal pratiqué avec une tarière jusqu'au centre d'un peuplier, fait entendre, lorsque la sève monte, un bruissement continuel dû au dégagement de l'air qui sort, avec la sève, des orifices ouverts des tubes qui contiennent ce fluide. Hales, dans plusieurs de ses expériences, a vu de l'air sortir par la section transversale des tiges et des racines. La cause de ce phénomène n'est pas difficile à pénétrer. Lorsque dans une plante herbacée l'évaporation est beau-

coup plus abondante que ne l'est l'afflux de la sève ascendante, cette plante se flétrit, toutes ses parties diminuent de volume par l'affaissement des tubes et des cellules, dont les parois, à raison de leur mollesse, se prêtent avec facilité à cet affaissement. Ce même effet a lieu, mais d'une manière moins sensible, lorsque l'excès de l'évaporation sur l'afflux de la sève est peu considérable ; alors la plante ne se flétrit point, elle doit seulement diminuer un peu de volume. Cette diminution de volume n'a point lieu dans le bois d'un végétal ligneux : là les tubes conservent invariablement leur diamètre, en raison de l'impossibilité où sont leurs parois de se rapprocher par affaissement : les parois de ces tubes sont dures, comme le tissu ligneux dont elles font partie ; elles sont fortement adhérentes aux parties contiguës. Il résulte de là que lorsque ces tubes cesseront d'être complètement remplis de sève, le vide qui résultera de l'absence de ce liquide devra nécessairement être rempli par de l'air, qui pénétrera à travers le tissu du végétal. C'est ainsi qu'on trouve de l'air atmosphérique pur dans la cavité centrale qu'offre la tige des plantes fistuleuses. Cette présence de l'air dans les tubes lymphatiques, lorsque la sève cesse de les remplir, est un fait certain ; on peut s'en convaincre en examinant le bois de la vigne en automne. Alors la sève n'abonde plus dans la tige de ce végétal, et l'on trouve la plupart de ses tubes lymphatiques entièrement vides de liquide : ils ne contiennent que de l'air. C'est d'après une observation semblable que

Link a soutenu que les tubes de ce genre ne sont destinés qu'à conduire de l'air (1) : ce qui est une erreur. La présence alternative ou simultanée de l'air et de la sève dans les tubes lymphatiques des végétaux ligneux, suffit pour rendre raison du dégagement d'air qui a lieu chez ces végétaux. Lorsque la sève monte, au printemps, dans ces tubes, elle en chasse l'air qu'elle y rencontre, et le force à sortir par les issues qui lui sont artificiellement livrées. De là ce bruissement entendu par Coulon, dans son expérience citée plus haut. La sève éprouve, dans les végétaux, un balancement continuel dû aux alternatives du chaud et du froid de l'atmosphère, à l'augmentation et à la diminution de la transpiration. Il résulte de là que les vaisseaux des plantes doivent éprouver des variations continuelles dans le degré de leur réplétion. Si l'excès de l'évaporation sur l'absorption y produit un vide, l'air s'y précipite pour le remplir ; si le contraire a lieu, et que la sève vienne à remplir les vaisseaux, elle chasse l'air précédemment introduit : ceci, comme je viens de le dire, ne peut avoir lieu que chez les végétaux à tissu solide, et spécialement chez les végétaux ligneux, dont les tubes sont endurcis. Jamais on ne trouve d'air dans les tubes des productions végétales nouvelles et encore herbacées. Il résulte de ce balancement continuel de la sève, un balancement également continuel dans l'air tour à

(1) *Recherches sur l'anatomie des plantes*, dans les *Annales du Muséum d'histoire naturelle*, t. 19, p. 330.

tour introduit dans le végétal, et chassé de son intérieur. De là vient que Coulon observa le bruissement dont il a été question plus haut, pendant toute la belle saison ; de là vient également cet air que Hales a vu sortir de la section transversale des tiges et des racines des végétaux ligneux. J'ai observé, avec beaucoup de soin, l'effusion de la sève par les rameaux tronqués de la vigne ; lorsque cette effusion commençait à s'opérer, j'ai vu des bulles d'air sortir avec la sève ; mais lorsque cette effusion était devenue extrêmement abondante, il ne sortait pas une seule bulle d'air avec elle. Cependant, c'eût été alors qu'il en aurait dû sortir le plus, si l'expansion de ce gaz eût été la cause de l'expulsion de la sève. Ceci m'a prouvé que les bulles de gaz dont j'avais observé la sortie au commencement, ne provenaient que de l'expulsion de l'air atmosphérique introduit dans les tubes lymphatiques depuis l'automne précédent, expulsion qui était opérée par l'afflux de la sève au printemps. Nous avons vu d'ailleurs que c'est dans les spongioles qu'il faut chercher la cause de l'impulsion de la sève. Or, l'observation de ces organes ne m'a pas fait apercevoir une seule bulle d'air dans leur intérieur ; renonçons donc à trouver, dans la production continuelle et intérieure d'un gaz, la cause de l'impulsion de la sève, et voyons si nous devons recourir, pour expliquer ce phénomène, à la contraction des organes.

L'*irritabilité* existe chez les plantes, et sa nature y est la même que chez les animaux. J'ai démontré

cette vérité dans un précédent ouvrage (1), et j'y ai fait voir que cette faculté consiste dans la propriété que possède le tissu organique de pouvoir s'*incurver*, ou donner de la courbure à quelques-unes de ses parties. Ainsi, il n'est point impossible que les organes qui contiennent la sève se contractent sur ce fluide. Il est un fait sur lequel on a spécialement insisté pour étayer cette opinion. Si l'on coupe en travers une plante laiteuse, telle qu'une euphorbe, ou une laitue par exemple, on voit le suc propre sortir des surfaces, divisées en quantité souvent assez considérable; il sort également de la portion de tige qui est restée fixée au sol, et du fragment de tige qui a été enlevé; cette émission a également lieu chez ce dernier lorsqu'on le tient dans une position renversée, en sorte que le suc propre, pour sortir, surmonte la force de la pesanteur. Il est fort évident que ce suc est chassé hors des vaisseaux qui le contiennent, par une force intérieure. Si l'on veut chercher une origine éloignée à cette force d'impulsion, on ne lui en trouve aucune : elle n'a point, en effet, son origine dans les racines, puisqu'elle se manifeste dans un fragment détaché de la tige; elle n'a point non plus son origine dans les feuilles, puisqu'en coupant une tige d'euphorbe au-dessous de l'insertion des feuilles, on observe, dans la portion de tige fixée au sol, une émis-

(1) *Recherches sur la structure intime des animaux et des végétaux, et sur leur motilité.*

sion de suc propre qui se manifeste à chacune des sections successives que l'on fait de haut en bas à cette tige. Ainsi, c'est dans le lieu même où se fait l'émission du liquide qu'existe la force qui l'expulse. Cette expulsion n'est point opérée par l'expansion d'un gaz, car le suc propre est toujours exempt de bulles d'air. Cependant, il est bien évident que le suc propre est soumis à une pression dans les vaisseaux qui le contiennent, et que c'est par l'effet de cette pression qu'il s'échappe par toutes les ouvertures que l'on fait à ces vaisseaux. Cette pression est-elle produite par la contraction des vaisseaux? Il semble tout naturel de l'admettre; car on n'imagine pas qu'il puisse exister ici une autre cause d'expulsion. Ainsi, la force de contraction des vaisseaux se trouverait ici prouvée non pas directement, mais par l'exclusion de toutes les autres causes connues qui seraient susceptibles de produire le même effet. Une expérience de Van-Marum semble venir à l'appui de cette hypothèse. Ce physicien ayant fait passer une forte décharche électrique au travers de la tige d'une euphorbe, vit que cette plante ne versait plus de suc propre lorsqu'on la coupait en travers, bien qu'elle en versât encore en la comprimant. Or, comme on sait que les fortes décharches électriques détruisent l'irritabilité des animaux, il paraît tout naturel de penser qu'ici la même cause aurait détruit l'irritabilité des vaisseaux qui contiennent le suc propre, lequel n'étant plus pressé par la contraction de ces vaisseaux, ne fait plus aucun mouvement pour en

sortir, à moins qu'on ne l'y force par une compression extérieure.

Une autre expérience de Brugmans et Coulon semblait aussi venir à l'appui de l'hypothèse par laquelle on admet dans le tissu végétal une contraction semblable à celle qui existe dans le tissu des organes des animaux. On sait que l'application de certaines substances astringentes arrête l'écoulement du sang, par la constriction que ces substances produisent dans les vaisseaux capillaires. Or, Brugmans et Coulon (1) ont cru observer que les astringens, et notamment l'alun et le sulfate de fer, arrêtaient l'écoulement du suc laiteux des euphorbes; mais cette assertion a été contredite par Van-Marum, par Linck et par Tréviranus. Je puis joindre, dans cette circonstance, mon témoignage à celui des observateurs que je viens de citer; ainsi, il n'y a point de doute que Brugmans et Coulon ne se soient trompés. Malgré cela, entraîné par la nécessité d'admettre une cause quelconque pour expliquer l'état de compression où se trouvent les fluides dans les organes capillaires des végétaux, je regardais comme infiniment probable l'opinion qui fait dériver la progression de la sève de la contraction des organes dans lesquels elle est contenue, lorsqu'une seule observation est venue me désabuser à cet égard. On sait que le figuier (*ficus carica*) contient une grande quantité de suc laiteux non seulement dans le système cortical, mais aussi dans le système central

---

(1) *Journal de physique*, t. 51, p. 217.

de ses jeunes branches. Tant que le tissu ligneux de ces branches est à l'état *herbacé*, on peut croire que les parois des tubes sont susceptibles de se contracter sur le fluide laiteux qu'ils contiennent; mais lorsque ce tissu est endurci et devenu *bois*, toute idée de contraction de la part des vaisseaux doit nécessairement disparaître. Or, si l'on examine les jeunes branches du figuier vers la fin d'octobre, on trouve le tissu ligneux de leur système central endurci à tel point, qu'il se rompt avec éclat; on s'aperçoit également de sa dureté, en l'entamant avec un instrument tranchant. L'agrégation des tubes et des clostres dont il est composé est tellement solide, qu'il faut plus d'un quart d'heure d'ébullition dans l'acide nitrique pour la détruire; cependant on voit le suc laiteux sortir fort abondamment des tubes de ce tissu ligneux, quand on le coupe ou quand on le rompt transversalement. Ici, je le répète, il est impossible d'admettre une contraction des vaisseaux; et cette observation concluante prouve que c'est à une autre cause, quelle qu'elle soit, qu'il faut rapporter l'état de pression où se trouvent les fluides contenus dans les cavités organiques des végétaux. Dès lors, nous voyons qu'il est possible que ce ne soit pas la contraction du tissu des spongioles qui imprime l'impulsion à la sève ascendante, puisque l'observation prouve l'existence d'une cause inconnue de pression des fluides dans les tubes végétaux, cause qui n'est certainement pas la contraction de ces tubes. D'ailleurs, en examinant à la loupe les spongioles sur les racines développées dans l'eau que contient un

vase de verre, on ne remarque pas le plus léger mouvement de dilatation et de contraction alternatives: on sent que cela devrait avoir lieu, si c'était la contraction du tissu des spongioles qui chassât dans les racines l'eau qu'elles pompent sans cesse. Tout ce que l'observation montre à cet égard, c'est que les spongioles sont dans un état turgide continuel et très-marqué. La cause de cet état turgide est évidemment la même que celle qui entretient l'état turgide de la tige et de ses appendices; cause qui, comme nous l'avons vu, n'est point la simple capillarité. Cet état turgide provient de la réplétion *avec excès* des cavités organiques qui contiennent les fluides. C'est parce que les tubes qui contiennent les sucs propres sont turgides, c'est-à-dire remplis *avec excès*, qu'ils se vident en partie quand on coupe la plante qui les contient. Il reste à déterminer quelle est la cause de cet état turgide ou de cette réplétion avec excès, puisqu'il est certain que cette cause n'est pas la simple capillarité. La recherche de cette cause inconnue n'eût offert aucune chance de succès; il faut une direction aux recherches, pour qu'elles soient fructueuses : or, ici l'on ignore quelle direction l'on doit suivre. Si donc j'ai fait, dans cette circonstance, quelques pas vers la découverte d'une vérité nouvelle, je le dois au hasard, auteur de la plupart des découvertes. Il est vrai de dire, cependant, que j'ai fait naître en ma faveur les chances du hasard, par la multitude des objets que j'ai soumis à mon observation.

CHAPITRE IV.

Observations et expériences sur la cause et sur les effets de l'état turgide.

Les observations et les expériences qui vont être exposées, sont du nombre de celles pour lesquelles la physiologie végétale est tout à fait inséparable de la physiologie animale. Ainsi, quoique ce soit la physiologie des plantes qui nous occupe exclusivement ici, cependant il nous faudra prendre les sujets de nos observations, autant, et même plus, dans le règne animal, que dans le règne végétal, déterminé en cela par la plus grande opportunité des conditions favorables aux observations et aux expériences.

Un très-petit poisson dont j'avais coupé la queue, et que je conservais vivant dans un vase plein d'eau, offrit sur la surface de sa plaie la production d'une sorte de moisissure aquatique à filamens assez longs, lesquels étaient terminés chacun par un petit renflement très-facile à apercevoir à l'œil nu. J'eus la curiosité d'observer au microscope cette plante qui végétait sur un animal vivant. Les filamens de la moisissure étaient transparens; les renflemens qui les terminaient, et qui ressemblaient aux capsules d'un végétal, étaient terminés en pointe, et complètement opaques. Je coupai quelques-uns de ces filamens, et je les plaçai dans un cristal de montre avec un peu

d'eau, afin de les observer à loisir au microscope. Je ne tardai pas à voir quelques-unes des capsules dont je viens de parler, expulser par une ouverture située à leur pointe, une multitude de globules; pendant cette expulsion, la cavité de la capsule se vidait seulement à sa partie inférieure opposée à la pointe qui donnait issue aux globules; la masse de ces derniers, qui remplissait encore la partie supérieure de la cavité capsulaire, semblait pressée, et fortement chassée en haut par l'accumulation de l'eau dans la partie inférieure de cette cavité capsulaire, qui ne diminuait aucunement de capacité, en sorte qu'il me fut bien prouvé que l'expulsion des globules n'était point due à une contraction de la capsule. L'eau, par son introduction dans la partie inférieure de la cavité capsulaire, semblait faire ici l'office du piston d'une seringue, pour chasser en haut, et expulser par la pointe de la capsule, l'amas de globules qui primitivement remplissait cette dernière en entier. Dans l'espace de deux ou trois secondes, tous les globules furent expulsés de leur capsule, qui demeura pleine d'eau sans avoir rien perdu de ses dimensions primitives. Il semble inutile de dire que j'avais la certitude que ce n'était pas de l'air qui s'était développé dans la cavité capsulaire pour remplacer la masse des globules qu'il aurait expulsée, car l'air contenu dans les petits organes transparens plongés dans l'eau, est très-facile à voir et à distinguer au microscope. Je crus d'abord que les globules dont je venais d'observer l'expulsion étaient sortis de leur propre mouvement, et que c'é-

ient des animalcules. On sait que M. Bory de Saint-
incent a découvert, dans les plantes singulières qu'il
nommé *zoocarpées*, une émission de globules ani-
és de mouvemens spontanés, globules qu'il considère
mme de véritables animalcules. Je me rappelai que
eedham avait fait mention d'un semblable phéno-
ène, et précisément chez une moisissure aquatique.
et observateur avait vu les capsules terminales de
tte moisissure donner naissance par émission à de
ritables animalcules, assertion qui fut vivement
mbattue par Spallanzani (1). Je ne doutai point que
moisissure aquatique que j'avais observée, ne fût la
ême que celle qui s'était présentée à l'observation
: Needham, et je résolus de l'observer de nouveau
ec beaucoup de soin, afin de voir si véritablement
s globules émis par les capsules étaient des animal-
les. Il me fut facile de reproduire la plante dont
est ici question. Je prenais de l'eau du bocal où vi-
it le petit poisson, sur lequel cette moisissure s'était
éveloppée la première fois, et j'y plongeais des frag-
ens de substance animale, lesquels ne tardaient pas
se couvrir d'une épaisse production de cette plante.
eci d'abord me prouva que cette production ne te-
it point du tout à la vie de l'animal sur lequel je
avais d'abord observée. Il faut quelques jours pour
ue cette plante acquière le degré de maturité néces-
ire, pour qu'elle puisse donner lieu à l'émission des
obules contenus dans ses capsules. A cette époque,

(1) *Observations et expériences sur les animalcules*, chap. 3.

je pris quelques-uns de ses filamens que j'isolai dans un cristal de montre rempli d'eau très-pure, et exempte d'animalcules. Par une observation assidue, je trouvai le moment où l'une des capsules opérait l'émission de ses globules. Ce phénomène se passa exactement comme je l'ai décrit plus haut. Je vis les globules répandus dans l'eau environnante, s'agiter en divers sens pendant un instant, puis ils se précipitèrent au fond de l'eau, où ils demeurèrent immobiles. Ainsi, il me fut prouvé que ces globules n'étaient point des animalcules; leur mouvement, en apparence spontané dans l'eau, un instant après leur sortie de la capsule, n'était évidemment que le résultat du mouvement imprimé à ce fluide par le fait même de cette émission : ce mouvement de l'eau étant apaisé, les globules cessaient aussi de se mouvoir. Je ne doute donc point que ces globules ne soient les graines de la plante; aussi ne pouvais-je reproduire cette dernière qu'avec l'eau dans laquelle elle avait végété. Ayant mis les deux moitiés d'un grain de blé, l'une dans cette eau, et l'autre dans de l'eau très-pure, il n'y eut que la première qui se couvrit, sur la surface de sa section, de la moisissure dont il est ici question; la seconde moitié n'offrit aucune végétation. Les globules contenus dans les capsules de la moisissure n'étant point des animalcules, on ne peut attribuer leur sortie de la capsule à leur mouvement spontané : une dernière considération confirme ce résultat. Si c'étaient des animalcules qui sortissent par un mouvement spontané de l'intérieur de la capsule, on verrait

vider la première la partie de cette cavité la plus oisine de l'ouverture qui leur donne issue. Or, c'est u contraire la partie opposée qui manifeste sur le hamp un vide que remplit l'eau. Il n'y a donc point e doute que cet amas de globules ne soit une masse nerte, qu'une force *à tergo* chasse vers la pointe de capsule, et de là au-dehors, exactement de la même nanière que l'eau est chassée hors d'une seringue par piston. L'eau introduite dans la partie inférieure e la cavité capsulaire, est évidemment l'instrument nécanique de cette force *à tergo* qui produit l'impulsion de l'amas de globules qui remplit le reste de ette cavité. D'où vient cette eau? quelle est la force ui la pousse dans l'intérieur de la capsule? J'avais ensé d'abord qu'elle était poussée dans la capsule ar les organes intérieurs du filament, au sommet uquel cette capsule est située; mais j'ai dû rejeter ette idée, en voyant des capsules détachées de leurs lamens opérer de même, et par le même mécanisme, émission de leurs globules. Il me fallut donc alors lacer ce phénomène au nombre de ceux dont la ause est tout à fait inconnue. Cette observation étant nicroscopique, peut, par cela même, être frappée 'une certaine défaveur aux yeux de ceux qui savent e combien d'illusions d'optiques le microscope est a source. Je me contentai donc de noter ce fait, et e n'y pensais plus, lorsqu'un fait du même genre, et ont l'observation n'avait plus besoin de l'emploi du nicroscope, vint s'offrir à moi. Ce fut le règne animal ui me la fournit.

L'accouplement des limaces offre une particularité bien remarquable, et qui n'a point encore été notée. La verge de ces molusques est, avant l'accouplement, revêtue d'une gaîne épidermoïde imperforée, qui ne lui est point adhérente. L'accouplement étant effectué, le sperme, qui est pâteux chez ces animaux, sort par l'extrémité de la verge, et s'accumule dans la gaîne imperforée qui lui sert de fourreau, en sorte que la verge se trouve refoulée à mesure que le sperme s'accumule dans cette espèce de sac. Lorsque ce dernier est entièrement rempli, il se brise à la racine de la verge; l'accouplement cesse alors d'avoir lieu, et il reste ainsi dans l'organe femelle de la génération, un petit sac rempli par la pâte spermatique. Si l'on trouble l'accouplement lorsqu'il est sur le point de finir, on détermine sur-le-champ le détachement du sac dont il est ici question, et sa séparation de l'organe mâle. La limace, effrayée, se contracte avec force, et chasse hors de son organe femelle ce petit sac rempli de sperme. Ces animaux, comme on le sait, sont hermaphrodites, et ont besoin d'un accouplement réciproque; en sorte que, dans une seule observation de ce genre, je pus me procurer deux petits sacs remplis de pâte spermatique. Ces sacs ressemblent à de petites cornues; ils sont fortement courbés sur eux-mêmes, et plus gros à leur extrémité aveugle qu'ils ne le sont à leur entrée. Ils ont ordinairement environ quinze millimètres de longueur; leur diamètre est de trois millimètres à leur extrémité renflée, et d'un peu plus d'un millimètre à leur autre extrémité. Comme j'ai l'habitude

d'observer les objets délicats en les couvrant d'eau, je plongeai un de ces petits sacs dans un vase rempli de ce fluide, et je l'y laissai sans y toucher. Ayant été distrait de mon observation, que je repris une demi-heure après, je fus singulièrement surpris de trouver ma petite cornue vide de sperme, et remplie d'eau dans sa partie la plus grosse ou dans son fond; la pâte spermatique avait été chassée par le col de la cornue, et s'était répandue dans l'eau, où elle conservait sa consistance pâteuse. La moitié environ de la petite cornue était encore remplie de sperme, que je ne tardai pas à voir s'écouler hors de la cornue. Cet écoulement, ou plutôt cette émission, était bien évidemment l'effet d'une impulsion opérée par une force *à tergo;* la pâte spermatique sortait avec effort par le col de la cornue, qu'elle remplissait exactement; en sorte que ce n'était bien certainement point par ce col que s'introduisait l'eau qui remplaçait le sperme dans le fond de la cornue à mesure qu'il en sortait. Cette eau, accumulée de plus en plus dans ce fond de cornue, était bien évidemment l'agent mécanique de la pression qui déterminait la pâte spermatique à sortir par l'ouverture du col de la cornue; aussi cette dernière était-elle *turgide;* elle était distendue avec excès par l'eau; en un mot, il me fut facile de voir ici, à l'œil nu, et sans crainte d'aucune illusion d'optique, la répétition et la confirmation des observations que j'avais faites précédemment au microscope sur la moisissure aquatique. Lorsque la cornue fut presque entièrement remplie d'eau, et qu'il

n'y eut plus qu'une dernière portion de sperme à expulser, je fus témoin d'un phénomène qui ne me laissa aucun doute sur la cause de cette expulsion. Cette dernière portion de sperme sortit de la cornue avec un courant d'eau que l'on distinguait à la répulsion qu'il exerçait sur les corps légers qui flottaient dans le liquide; ce courant devint de suite très-faible, et cessa au bout d'une minute d'être sensible. La petite cornue, ainsi vidée de la pâte spermatique qu'elle contenait dans le principe, conserva exactement son diamètre primitif. Il ne se manifesta aucune contraction dans ses parois, lesquelles n'éprouvèrent non plus aucun affaissement. J'avais conservé au sec la seconde des deux petites cornues que je m'étais procurées. Elle était restée remplie par la pâte spermatique. Je me hâtai de la mettre dans l'eau pour jouir encore une fois de l'observation de ce curieux phénomène. Afin d'éviter toute cause d'erreur, au lieu de la placer horizontalement comme la première, j'eus soin de lui donner une position inclinée; en sorte que l'orifice du col de la petite cornue était tourné en haut, et se trouvait plus élevé que le fond. De cette manière, on ne pouvait attribuer l'émission de la pâte spermatique hors de la cornue à un simple écoulement. Bien que la consistance pâteuse du sperme s'opposât à ce qu'on pût adopter cette idée, j'étais cependant bien aise d'avoir une preuve de plus contre son adoption. Or, dans cette seconde observation, les choses se passèrent exactement comme dans la première, excepté qu'il fallut un peu plus de temps pour que l'expulsion du sperme

fût complète; ce qui arriva au bout d'une heure et demie. Je vis, comme dans la première observation, la pâte spermatique pressée, refoulée vers l'ouverture du col de la cornue, sortir avec effort par cette ouverture. Peut-être pourrait-on penser que cette sortie était le résultat d'un mouvement spontané, exécuté par des animalcules, ou plutôt par les globules mouvans, qui ordinairement abondent dans le sperme des animaux; mais il n'en est rien. J'ai examiné au microscope ce sperme de la limace, et j'ai vu qu'il contenait une immense quantité de globules inertes et sans aucun mouvement. Ce sperme est tellement consistant, que, malgré son accumulation dans le sac qui le contient, et où toutes les parties de sa masse sont pressées les unes contre les autres, il conserve cependant sa disposition en un fil continu, disposition qui lui a été donnée lors de son émission en passant par l'ouverture étroite de la verge du mâle. D'après ces observations et celles qui viennent d'être exposées, il est de la plus grande évidence que la sortie de la pâte spermatique hors des petites cornues qui la contiennent, n'est ni le résultat d'un écoulement ni celui d'un mouvement spontané exécuté par des animalcules. C'est, comme je l'ai dit, une véritable expulsion produite par l'accumulation de l'eau *à tergo*. Il est donc prouvé que l'eau, accumulée de plus en plus dans l'intérieur des petites cavités organiques, y devient un agent mécanique d'impulsion, y devient une force *à tergo* qui produit l'expulsion, hors de ces petites cavités, des substances qu'elles contenaient auparavant. Par où cette

eau sans cesse affluente s'introduit-elle? Il est évident que ce ne peut être qu'au travers des parois de la cavité dans laquelle elle s'accumule, puisqu'il n'existe dans ces parois aucune ouverture sensible. Ainsi nous voyons dans ces observations de petits organes creux qui sont doués de la faculté singulière d'introduire avec violence, dans leur cavité et au travers de leurs parois, l'eau qui baigne leur surface extérieure, et cela de manière à chasser hors de cette cavité les substances qui y étaient précédemment contenues. La cause de ce phénomène, ou de cette action physico-organique nous échappe ici; mais nous devons noter une condition qui paraît nécessaire pour sa production.

Nous avons vu que l'introduction sans cesse active de l'eau dans les petits sacs spermatiques de la limace, n'a eu lieu que tant qu'il a existé un reste de sperme dans ces petits sacs. Lorsque toute cette substance pâteuse a été expulsée, nous avons vu qu'il sortait par l'ouverture de ces sacs un courant d'eau qui s'est promptement affaibli, et qui enfin a cessé de se montrer. Ainsi l'introduction forcée de l'eau au travers des parois de la cavité organique a cessé, lorsque cette cavité, délivrée du corps consistant et dense qu'elle renfermait, n'a plus contenu que de l'eau pure. La présence d'un corps plus dense que l'eau dans les petites cavités organiques, est donc une des conditions nécessaires pour y déterminer l'exercice de l'action physico-organique qui introduit avec violence l'eau dans leur intérieur.

Tels sont les deux faits sur l'observation desquels

j'établis l'existence de la nouvelle action physico-organique que je viens d'indiquer; action dont le double effet est de rendre turgides les petits organes creux, et de produire l'expulsion des substances que ces organes contiennent; double effet qui trouve sa source dans une cause unique, dans l'accumulation continuelle et *avec excès* de l'eau dans l'intérieur de ces petits organes creux. Cette action physico-organique, dont l'observation est neuve, a besoin d'être désignée par une expression nouvelle. Je désignerai donc cette action, en vertu de laquelle les petits organes creux se remplissent d'un liquide qui semble être poussé et accumulé avec violence dans leur cavité, sous le nom d'*endosmose* (1). L'existence de cette action *physico-organique* ou *vitale* étant prouvée par l'observation des opérations spontanées de la nature organique, nous allons chercher à lui donner des preuves confirmatives par le moyen de l'expérience.

L'observation de la turgescence acquise par les sacs spermatiques de la limace, me fit penser que je pourrais obtenir un résultat analogue avec les intestins de petits animaux; intestins dans lesquels j'introduirais, avant de les plonger dans l'eau, un liquide organique plus dense que ce fluide ambiant. J'espérais, par ce moyen, obtenir une *endosmose* ou une introduction de l'eau dans la cavité intestinale, fermée de toutes parts; les intestins de poulets âgés

(1) Mot dérivé de ἔνδον, *dedans*, et de ωσμος, *impulsion*.

d'environ trois mois, me parurent propres à ce genre d'expériences. Je pris donc un cœcum de poulet; et après l'avoir bien nettoyé intérieurement par des injections d'eau pure, je le remplis à moitié avec du lait, et je fermai son entrée avec une ligature. Je plongeai ensuite ce cœcum dans un vase rempli d'eau de pluie : il pesait, avec le lait qu'il contenait, 196 grains. Vingt-quatre heures après, je le tirai de l'eau; et l'ayant pesé, je trouvai son poids de 269 grains : il avait gagné 73 grains par l'eau qu'il avait introduite. Je replaçai le cœcum dans de l'eau que j'avais toujours soin de renouveler soir et matin; douze heures après, je trouvai son poids de 313 grains. Ainsi, dans l'espace de trente-six heures, le cœcum avait introduit dans sa cavité 117 grains d'eau : il était devenu très-turgide. A partir de cet instant, le poids de cet intestin diminua continuellement : il perdit son état turgide; et sa vacuité, toujours croissante, occasionna l'affaissement de ses parois. Trente-six heures après le commencement de cette diminution de poids, le cœcum ne pesait plus que 259 grains : il avait perdu 54 grains de l'eau qu'il avait introduite. Prévoyant, par la continuité de cette déperdition, qu'elle ne ferait qu'aller en augmentant, je mis fin à l'expérience; j'ouvris le cœcum, et le trouvai rempli de lait caillé et putride. La température, pendant la durée de l'expérience, s'était maintenue de 18 à 21 degrés R. Ayant nettoyé l'intérieur du cœcum par des injections d'eau pure, j'en remplis de nouveau la moitié de la cavité avec du lait frais, et je le plaçai, comme

à l'ordinaire, dans de l'eau. Vingt-quatre heures après, je trouvai son poids augmenté de 21 grains. A partir de cet instant, le poids du cœcum commença à diminuer progressivement. Je l'ouvris vingt-quatre heures après, et trouvai encore dans son intérieur du lait décomposé et putride. Le fait de l'endosmose se reproduit manifestement à nous, dans cette expérience. Nous voyons, en effet, un organe creux qui introduit dans son intérieur, et au travers de ses parois, le fluide qui l'environne, et cela de manière à devenir turgide. Ce phénomène, bien évidemment, ne dépend point de la capillarité; c'est une action physico-organique dont la cause ne nous est pas encore connue. La qualité du fluide organique contenu dans le cœcum a exercé une influence bien marquée sur cette *action physico-organique*, car nous l'avons vue cesser lorsque le lait contenu dans cet intestin s'est altéré dans sa composition; et nous avons vu ensuite cette action se renouveler, mais cependant avec bien moins d'intensité, lorsque du lait frais a été substitué au lait corrompu, pour cesser de nouveau et plus promptement que la première fois, lorsque le lait s'est altéré. Alors, le cœcum en macération dans l'eau depuis six jours, par une température élevée, avait pris lui-même une odeur putride; il était, par conséquent, altéré dans sa composition, et par cela même moins propre qu'il ne l'était dans le principe à exercer l'action physico-organique que je nomme *endosmose*, action vitale qu'il exerçait avec énergie dans l'état frais. Cette expérience, qui nous prouve la réalité de l'influence

qu'exerce sur la production de l'endosmose le fluide contenu dans la cavité organique, nous prouve en même temps que la dégénérescence putride de ce fluide anéantit complètement cette action physico-organique. Alors, le liquide du dehors n'est plus sollicité à pénétrer dans l'intérieur de l'organe creux; c'est, au contraire, le liquide intérieur qui est sollicité à se porter au dehors.

Il faut qu'un liquide organique plus dense que l'eau, et pourvu de ces qualités chimiques particulières qui constituent l'*état sain*, existe dans un organe creux, pour provoquer énergiquement chez lui l'exercice de l'endosmose : cela est vrai généralement; mais cette condition, nécessaire pour l'énergie de l'endosmose, ne l'est point pour son existence. Les expériences suivantes m'ont prouvé cette vérité.

Je remplis à moitié d'eau de pluie un cœcum de poulet : il pesait, dans cet état, 64 grains, et je le plongeai dans l'eau. Il introduisit de l'eau dans son intérieur, et augmenta ainsi de poids pendant trente-six heures. Au bout de ce temps, il se trouva peser 121 grains : il avait introduit 57 grains. A partir de ce moment, le cœcum diminua continuellement de poids jusqu'au troisième jour, dans le courant duquel je le vidai de l'eau putride qu'il contenait. Après l'avoir nettoyé, j'y introduisis de nouveau de l'eau pure, et je le replaçai dans l'eau : il pesait alors 63 grains. Pendant trente-six heures, le cœcum introduisit de nouveau de l'eau dans son intérieur; mais cette quantité fut très-petite, car elle ne s'éleva qu'à

7 grains. Le cœcum commença alors à diminuer de poids. Je le vidai de nouveau de l'eau putride qu'il se trouva contenir ; et après l'avoir nettoyé, j'y introduisis du lait : dans cet état il pesait 66 grains ; je le remis dans l'eau. Alors l'endosmose, qui était devenue très-faible, acquit sur le champ une énergie nouvelle. L'introduction de l'eau dans le cœcum s'éleva, au bout de trente-six heures, à 58 grains : à partir de cette époque, le poids du cœcum commença à diminuer ; je l'ouvris, et je trouvai le lait caillé. Le cœcum lui-même, soumis à la macération dans l'eau, depuis sept jours et demi, par une température de + 20 à 24 degrés R., avait éprouvé une altération putride. C'est cette altération qui, lors de la seconde introduction de l'eau, l'avait rendu bien moins propre à exercer l'endosmose qu'il ne l'avait été dans le principe ; et cependant, malgré cette altération, encore augmentée par deux jours de macération, l'introduction du lait rendit au cœcum son action endosmosique, avec plus d'énergie qu'il n'en avait montré dans le principe, lorsqu'il ne contenait que de l'eau pure. Cette expérience prouve que s'il n'est pas nécessaire, pour l'existence de l'endosmose, que l'organe creux qui l'exerce possède, dans son intérieur, un liquide plus dense que le liquide ambiant, au moins est-il certain que cette plus grande densité du liquide intérieur exerce une grande influence sur l'augmentation de l'énergie de l'endosmose. Nous voyons encore ici que les liquides putrides contenus dans les organes creux abolissent complètement l'en-

dosmose de ces organes tant qu'ils y sont présens, et que l'ablation de ces liquides putrides suffit pour rendre aux organes creux qui ont cessé de les contenir, la portion d'énergie endosmosique qu'ils peuvent encore posséder, d'après l'état d'intégrité où se trouve leur tissu, car l'état putride de ce tissu est une autre cause de l'abolition de l'endosmose.

L'existence de l'endosmose, lorsque l'organe creux ne contient que de l'eau, étant démontrée, il s'agit actuellement de savoir si cette action existe de même quand l'organe creux est complètement vide. Pour éclaircir ce doute, je pris une anse d'intestin de poulet, bien nettoyée intérieurement, soigneusement évacuée d'eau, et fermée par une ligature à chaque bout : elle pesait 27 grains; je la plongeai dans l'eau. Au bout de douze heures, je trouvai 13 grains d'eau dans son intérieur. Je ne poussai pas plus loin cette expérience, qui, par son résultat, me donnait par l'affirmative la solution de la question que je m'étais proposée. Ainsi, l'endosmose est une action qui appartient au tissu des parois de l'organe creux; elle n'a point besoin, pour s'exercer, d'être sollicitée par la préexistence d'aucune substance dans la cavité de l'organe, bien que cette préexistence ait, dans certains cas, une influence sur le degré de l'énergie de cette action physico-organique.

Je pensais que l'ordre de superposition des membranes intestinales pouvait être une des causes déterminantes de l'introduction de l'eau ou de l'endosmose. Pour m'en assurer, je pris deux anses d'in-

testin de poulet, que je retournai, mettant ainsi la membrane muqueuse en dehors, et la membrane péritonéale en dedans; dans l'une je mis un peu d'eau, je laissai l'autre entièrement vide; et les ayant fermées toutes les deux à chaque bout, avec une ligature, je les plongeai dans l'eau. Toutes les deux introduisirent de l'eau dans leur intérieur : l'anse intestinale, qui contenait déjà de l'eau, en introduisit plus, dans un temps égal, que celle qui était primitivement vide. Je pris deux autres anses intestinales, que je dépouillai de leur membrane muqueuse : j'en retournai une, le péritoine en dedans; l'autre fut replacée dans son état naturel, c'est-à-dire le péritoine en dehors. Un peu d'eau fut mise préalablement dans chacune de ces deux anses intestinales : toutes les deux introduisirent de l'eau dans leur intérieur, et à peu près en égale quantité. Je répétai cette dernière expérience, en ne mettant point préalablement d'eau dans les anses intestinales : il y eut également introduction d'eau. Ainsi, il me fut démontré que l'endosmose ne dépendait, dans cette circonstance, ni de l'ordre de superposition des membranes, considérées de dehors en dedans, ni du nombre de ces membranes elles-mêmes. Je vis par-là qu'il suffisait que des parois organiques fussent disposées de manière à former une cavité, pour que le liquide ambiant fût poussé, par une force inconnue, dans l'intérieur de cette cavité qui n'était point capillaire, car les cœcum que j'employais avaient généralement de 10 à 12 millimètres de diamètre; les anses intestinales, plus pe-

tites, il est vrai, avaient cependant 5 millimètres de diamètre, et plus : ce qui ne constitue point des cavités capillaires.

Convaincu, par les expériences précédentes, de l'influence exercée par la densité du liquide intérieur sur l'augmentation de l'énergie de l'endosmose, je résolus d'employer un liquide organique plus dense que le lait, que j'avais employé jusqu'alors. L'albumen, ou blanc d'œuf, me parut propre pour cela; et il me parut avoir sur le lait cet avantage, qu'il était moins promptement altérable. Je résolus aussi d'employer de l'eau fortement chargée de gomme arabique, solution encore moins promptement altérable que l'albumen. Mais avant d'employer ces substances, je devais m'assurer de la manière dont elles se comportaient lorsqu'elles étaient en contact immédiat avec l'eau pure. En effet, il était possible que ces liquides denses, quoique possédant déjà beaucoup d'eau, eussent une tendance à s'en pénétrer davantage, et à se gonfler ainsi par de nouvelle eau introduite entre leurs molécules. On sent que si cette tendance à se gonfler par l'absorption de l'eau eût existé dans les substances dont il est ici question, cette propriété eût altéré l'exactitude des résultats que je me proposais d'observer. En effet, ces substances étant introduites dans des organes creux clos de toutes parts, et environnés d'eau, ce liquide, par la tendance qu'il aurait eue à gonfler les substances introduites, aurait opéré la distension de ces organes creux, et j'aurais pris pour un effet de l'endosmose l'introduction de

l'eau, qui n'aurait été que le simple effet d'une attraction chimique. Pour lever tous les doutes à cet égard, je pris un de ces larges tubes gradués et fermés par un bout, qui servent à l'eudiométrie. Je le remplis à moitié avec de l'albumen, et je notai le degré du niveau occupé par cette substance. Alors, inclinant légèrement le tube, je fis couler de l'eau dedans, goutte à goutte, et en glissant le long des parois. De cette manière, l'eau superposée ne se mêla aucunement avec l'albumen, dont le niveau ne fut point dérangé. Le tube étant rempli d'eau, on distinguait parfaitement la ligne de démarcation qui séparait les deux fluides. Je plaçai le tube dans une position verticale; et l'ayant examiné vingt-quatre heures, et ensuite quarante-huit heures après, je trouvai que l'albumen avait conservé exactement son niveau primitif. Cela me prouva qu'il n'avait aucune tendance à absorber l'eau et à se gonfler par cette addition. Je fis la même expérience avec une solution épaisse de gomme arabique, solution que j'avais teinte très-légèrement en rouge avec du carmin, afin de mieux distinguer la ligne de séparation avec l'eau superposée. J'eus un résultat exactement semblable. Ainsi, il me fut prouvé que la cause d'erreur que je craignais n'existait pas, et je fis l'expérience dont je vais donner le détail circonstancié.

Je pris un cœcum de poulet qui, dans l'état de distension, avait 12 millimètres de largeur, et qui, courbé en arc, avait 10 centimètres de longueur. Je le remplis à peu près à moitié avec de l'albumen. Dans

cet état, il pesait 58 grains. Le cœcum fut plongé dans de l'eau de pluie. J'avais expérimenté que cette eau très-pure était plus propre à ce genre d'expérience que ne l'était l'eau très-chargée de carbonate de chaux fournie par les puits et par les fontaines du pays que j'habite. Huit heures et demie après le commencement de l'expérience, le cœcum pesait 130 grains. Il avait gagné 72 grains, et était devenu très-turgide. Cet état turgide se maintint pendant trois jours; et le cœcum, plein à peu près autant qu'il pouvait l'être, ne gagna que 3 grains de pesanteur durant cet espace de temps. Au commencement du quatrième jour, il commença à perdre de son poids; et au commencement du cinquième jour, il avait perdu 22 grains. Je l'évacuai d'un liquide putride et floconneux qu'il contenait; et après l'avoir lavé par des injections d'eau pure, j'y remis de l'albumen; il pesait, dans ce nouvel état, 60 grains. Huit heures après, le cœcum pesait 92 grains; il avait gagné 32 grains de pesanteur. Douze heures plus tard, je trouvai qu'il avait perdu 5 grains de son poids. Cette perte continua à se manifester pendant deux jours, et la diminution totale du poids fut de 20 grains. Alors j'ouvris de nouveau le cœcum, que je trouvai rempli d'un fluide putride. Je le lavai, et j'y introduisis une solution aqueuse, assez chargée de gomme arabique. Dans ce nouvel état, le cœcum pesait 48 grains. Cinq heures après son immersion dans l'eau, le cœcum pesait 124 grains; il avait gagné 76 grains, et était devenu très-turgide. Il se maintint dans cet état, sans aucune variation de

poids, pendant deux jours entiers. Le troisième jour, il commença à diminuer un peu de poids; il perdit seulement 4 grains. Le quatrième jour, il perdit 48 grains. Je l'ouvris alors, et je trouvai le fluide qu'il contenait devenu très-putride. Le cœcum lui-même se putréfiait, et je cessai de l'employer. La température, pendant la durée de ces expériences, s'était soutenue entre 18 et 21 degrés R. Ces résultats me fournirent la confirmation de ceux que j'avais obtenus précédemment. Il me fut pleinement démontré que l'introduction de l'eau dans la cavité organique dépendait entièrement de la nature du fluide, plus dense que l'eau que contenait cette cavité. Tant que ce fluide conservait son intégrité de composition, l'endosmose avait lieu; mais du moment qu'il était devenu putride, l'endosmose cessait, et l'eau, au lieu d'entrer dans la cavité comme auparavant, en sortait, et même assez rapidement. J'avais d'abord attribué cette sortie de l'eau à ce que l'endosmose ayant cessé, les parois du cœcum comprimaient par leur pesanteur le fluide contenu dans sa cavité, et le forçaient ainsi à filtrer au travers de ces mêmes parois. Cependant, la rapidité de cette sortie de l'eau me donna lieu de soupçonner que cette sortie était le résultat d'une action particulière opposée dans sa direction à l'endosmose, et due à la même cause. L'expérience suivante me prouva que ce soupçon était fondé. Je remplis aux trois quarts un cœcum de poulet avec de l'eau qui tenait en solution $1/_{50}$ de son poids de gomme arabique; et après l'avoir fermé par une ligature, je

le plongeai dans l'eau pure. Il pesait 61 grains. Au bout d'une heure d'immersion, je trouvai son poids augmenté de 6 grains. Alors je le retirai de l'eau pure, et je le plongeai dans de l'eau qui tenait en solution $1/10$ de son poids de gomme arabique. L'ayant pesé de nouveau au bout d'une heure d'immersion, je trouvai qu'il avait perdu 30 grains de son poids. Cette perte augmenta si rapidement, qu'au bout de deux heures le cœcum était presque entièrement vide. Cette expérience, que je répétai plusieurs fois, et toujours avec le même résultat, me prouva que, dans cette circonstance, l'eau est poussée au travers des parois de la membrane organique, de manière à ce que son courant est toujours dirigé vers le plus dense des deux fluides qui baignent les deux parois opposés de cette membrane. Ainsi, lorsque c'est le plus dense des deux fluides qui est dans la cavité, l'eau y est introduite par l'action que j'ai nommée *endosmose;* lorsqu'au contraire c'est le plus dense des deux fluides qui est hors de la cavité, le fluide le moins dense, qui est au dedans, est poussé au dehors par une action inverse que je nommerai *exosmose* (1). C'était par un effet de cette action expulsive que le liquide intérieur, lorsqu'il était devenu putride, était chassé hors des cavités organiques, dans les expériences qui ont été rapportées plus haut. Cependant ce fluide putride n'avait pas cessé d'être plus dense que l'eau environnante; il aurait dû, par conséquent, en cette

---

(1) Mot dérivé de ἐξ, *dehors*, et de ωσμος, *impulsion*.

qualité de fluide plus dense, continuer à déterminer l'endosmose; si, au contraire, il a déterminé l'exosmose, cela prouve qu'il y a d'autres conditions que la différence de densité, qui sont propres à déterminer le double phénomène de l'endosmose et de l'exosmose. Ces conditions nouvelles me parurent devoir se trouver dans la nature chimique des fluides. Pour m'en assurer, je fis de nombreuses expériences en introduisant dans des cœcum de poulet de l'eau faiblement chargée d'un acide ou d'un alkali; je fermais ces organes avec une ligature, et je les plongeais dans l'eau pure. J'ai vu constamment dans ces expériences les alkalis produire l'endosmose, et les acides produire l'exosmose. J'avais soin, comme je viens de le dire, de n'employer ces agens chimiques qu'à des doses assez faibles, afin d'éviter les altérations qu'ils n'auraient pas manqué d'apporter dans la texture des membranes organiques. Il y avait une cause d'erreur à éviter dans ces expériences. L'adjonction d'un acide ou d'un alkali à l'eau en change la densité, et il serait possible que les effets d'endosmose ou d'exosmose qui se manifestent alors, fussent les résultats de cette modification de la densité du liquide introduit dans les cavités organiques. Cette objection peut être fondée, par exemple, lorsqu'on voit une cavité organique contenant de l'eau chargée d'un peu de potasse caustique, produire *l'endosmose*, et devenir turgide par l'introduction de l'eau pure qui est au dehors. Alors le fluide intérieur est plus dense que le fluide extérieur, et cette différence de densité suffit pour déter-

miner l'endosmose. Rien ne prouve ici d'une manière certaine que cette endosmose soit due à la qualité alkaline du fluide intérieur. Cette objection disparaît complètement en employant l'ammoniaque, alkali moins dense que l'eau, et qui, par conséquent, doit diminuer la densité de ce fluide lorsqu'on l'y ajoute. Voici l'une des expériences que j'ai faites avec cet alkali : J'ai mis dans un cœcum de poulet de l'eau de pluie mêlée avec une très-petite quantité d'ammoniaque. Il pesait 52 grains. Je le fermai par une ligature, et je le plongeai dans l'eau pure. Après une heure d'immersion, je pesai le cœcum, et je trouvai son poids augmenté de 20 grains; il s'était considérablement gonflé. Ici le liquide intérieur était moins dense que le liquide extérieur, et cependant il y avait eu endosmose. Cela prouve bien évidemment que c'est à la qualité alkaline du fluide intérieur que cet effet doit être exclusivement attribué. Ce premier point étant déterminé, je fis l'expérience en sens inverse. Je mis de l'eau dans un cœcum de poulet, et après l'avoir fermé par une ligature, je le plongeai dans de l'eau qui était mêlée avec une certaine quantité d'ammoniaque. Le cœcum, qui, au commencement de l'expérience, pesait 49 grains, perdit 6 grains en une heure; vingt-quatre heures après, il avait perdu 20 grains. Ainsi, dans cette circonstance, la qualité alkaline du fluide extérieur avait déterminé l'exosmose; et cependant, sa qualité de fluide moins dense que le fluide intérieur, aurait dû déterminer l'endosmose, ce qui prouve que ce n'était pas ici la différence

de densité des deux fluides qui était la cause du mouvement de transport de l'un d'eux; mais que cette cause se trouvait dans la différence de leur constitution chimique. En un mot, cette expérience prouve que, lorsqu'un fluide alkalin est séparé de l'eau pure par une membrane organique, il s'établit un courant qui porte l'eau au travers de la membrane vers le fluide alkalin; en sorte que, si ce fluide alkalin est dans l'intérieur d'une cavité organique environnée d'eau, il y a endosmose; si, au contraire, cette cavité organique remplie d'eau se trouve environnée d'un fluide alkalin, il y a exosmose. Ces déductions de l'expérience sont applicables à l'effet des acides, dont l'action est exactement inverse.

Ces résultats nous font déjà pressentir que l'impulsion qu'éprouvent les liquides dans ces expériences, dépend d'un courant électrique déterminé par le voisinage de deux fluides de densité ou de nature chimique différentes, fluides que sépare imparfaitement une membrane perméable. Cette membrane ne joue évidemment aucun rôle propre dans cette circonstance; elle ne fait fonction que de moyen de séparation entre les deux fluides auxquels elle est cependant perméable : les liquides la traversent, soit dans un sens, soit dans l'autre, au gré de l'action réciproque des deux fluides qui baignent ses parois opposées. Cependant nous avons vu, dans quelques-unes des expériences précédentes, que la cavité organique étant vide et environnée d'eau, elle introduit cependant ce fluide dans son intérieur. Ceci tient à une cause qui

trouvera son exposition plus bas, et n'infirme point les assertions que je viens d'émettre.

Lorsque les conditions de l'endosmose existent, les organes creux, qui en sont le siége, prennent un état turgide extrêmement prononcé : ils sont remplis *avec excès;* et si l'introduction du liquide extérieur paraît cesser lors de l'existence de cet état de réplétion, cela ne paraît provenir que de l'obstacle qu'oppose à cette introduction nouvelle le fluide déjà introduit, et qui se trouve dans un état de pression dans l'intérieur de la cavité qui le contient, cavité dont les parois distendues réagissent sur ce fluide par l'effet de leur élasticité. Ces réflexions me conduisirent à penser que je pourrais faire monter l'eau dans un tube, en fixant autour de son extrémité inférieure l'ouverture d'un organe creux qui serait dans les conditions de l'endosmose. Je pris donc un tube de verre ouvert par ses deux extrémités : son diamètre intérieur était de deux millimètres, et sa longueur de trente-deux centimètres. Au moyen d'une ligature, je fixai autour de son extrémité inférieure l'ouverture d'un cœcum de poulet, que je remplis avec une solution d'une partie de gomme arabique dans cinq parties d'eau. Je plongeai ce cœcum dans de l'eau de pluie, et je maintins le tube élevé verticalement au-dessus. Bientôt le cœcum devint turgide, et le liquide qu'il contenait ne tarda pas à monter dans l'intérieur du tube. Cette ascension s'opéra avec une vîtesse de sept centimètres par heure; et quatre heures et demie après, le liquide, parvenu au sommet du tube, déborda par son ouverture, et

s'écoula au dehors. Cet écoulement, après avoir duré pendant un jour et demi, s'arrêta; et bientôt après, le liquide commença à baisser dans le tube. Vingt-quatre heures plus tard, l'abaissement du liquide était parvenu à plus de la moitié du tube; alors j'ouvris le cœcum, et je le trouvai rempli d'un fluide putride. La température, pendant cette expérience, s'était maintenue entre 17 degrés et demi et 19 degrés R. Je recommençai cette curieuse expérience, en employant un tube de cinq millimètres de diamètre intérieur et de six décimètres de longueur : le cœcum, qui le terminait inférieurement, fut rempli avec une solution d'une partie de gomme arabique dans cinq parties d'eau, et fut plongé dans de l'eau de pluie. Bientôt le cœcum devint turgide par l'effet de l'endosmose, et le liquide gommeux s'éleva dans l'intérieur du tube avec une vîtesse d'environ vingt-cinq millimètres par heure. Vingt-quatre heures après, le liquide, sans cesse ascendant, parvint au sommet du tube, et se répandit au dehors, mais en très-petite quantité. Le jour suivant, cette hauteur du liquide se maintint; et ce ne fut qu'au commencement du troisième jour que l'abaissement du liquide dans le tube commença à se manifester, et s'augmenta progressivement. Le quatrième jour, j'ouvris le cœcum, et je trouvai le liquide qu'il contenait devenu putride. Il était important de savoir si des organes creux, autres que des cœcum de poulet, étaient susceptibles d'offrir ce même phénomène d'impulsion; je recommençai donc ces expériences avec des vessies natatoires de

carpe, et j'obtins les mêmes résultats : je vis qu'il n'était pas néeessaire, pour les produire, d'employer des solutions aussi ehargées de gomme arabique que celles dont j'avais fait usage. Un cinquantième de gomme arabique dans l'eau m'a suffi, dans beaueoup d'expérienees, pour obtenir l'aseension de l'eau dans les tubes ; mais je dois faire observer qu'alors l'ascension était moins rapide, et s'élevait moins haut que lorsque j'employais une solution plus dense. Il n'était pas moins important de savoir si des organes ereux végétaux présenteraient le même phénomène : pour en faire l'expérienee, je me servis des gousses vésieulaires du *colutea arborescens*. J'ouvrais le bout de l'une de ces gousses ; et remplissant sa eavité avee de l'eau chargée de gomme, je fixais par une ligature l'ouverture de la gousse autour de l'orifiee d'un tube de verre. L'endosmose ne tardait pas à se manifester dans ees gousses plongées dans l'eau ; elles devenaient turgides, et bientôt le liquide montait dans le tube. J'ai obtenu eet effet, même avee des gousses desséehées et devenues presque transparentes après la maturité des fruits. Avant de les soumettre à l'expérienee, j'avais soin de les rendre souples par une immersion suffisamment prolongée dans l'eau. Ainsi, l'état turgide par l'effet de l'endosmose, et l'impulsion des fluides par l'effet de eette même endosmose, sont des phénomènes qui appartiennent également au règne animal et au règne végétal. Ces expérienees nous prouvent ainsi que l'endosmose, en rendant *turgide* ou en remplissant *avec excès* les organes ereux, devient par

cela même une cause d'impulsion pour les fluides que contiennent ces organes, lorsqu'un chemin leur est ouvert pour en sortir. Ceci nous dévoile l'existence d'une cause tout à fait ignorée d'impulsion pour les fluides des végétaux et des animaux. Il est temps, avant d'aller plus loin, de rechercher quelle est la cause qui fait passer l'eau au travers des membranes organiques, et qui, suivant les circonstances, produit ou l'endosmose ou l'exosmose.

Nous avons vu, par les expériences précédentes, que lorsque deux liquides d'inégale densité sont séparés par une membrane organique, il s'établit au travers de cette membrane un courant qui porte le liquide le moins dense vers le liquide le plus dense. Ce résultat de la différence de densité de deux liquides très-rapprochés, et presque en contact, doit d'abord faire penser qu'il est dû à une action électrique. Le rapprochement ou le contact des corps de densité différente est, comme on sait, une cause de production d'électricité; et l'on sait aussi que le fluide électrique accélère l'écoulement et la vaporisation des liquides, ce qui prouve que ce fluide a prise sur les molécules des liquides pour leur communiquer de l'impulsion. Ce fait a été prouvé pour l'électricité ordinaire, par les expériences de Nollet. L'électricité galvanique possède d'une manière encore plus marquée cette propriété de donner de l'impulsion aux molécules des liquides : ce fait est prouvé par une expérience très-curieuse de M. Porret, insérée aux *Annales de physique et de chimie*. Ce physi-

cien ayant séparé un vase en deux compartimens par un diaphragme de vessie, remplit d'eau l'un de ces compartimens, et n'en mit que quelques gouttes dans l'autre. Ayant alors placé le pôle positif de la pile dans le compartiment rempli d'eau, et le pôle négatif dans celui qui était à peu près vide, l'eau fut poussée au travers des parois de la vessie dans le compartiment vide, et elle s'y éleva à un niveau supérieur à celui auquel elle fut réduite dans le compartiment primitivement plein. Ce fait me parut tout à fait analogue à ceux dont l'observation vient d'être apportée. En effet, nous voyons dans l'expérience de M. Porret, l'eau poussée au travers d'une membrane organique par un courant dirigé du pôle positif (*zinc*, ou *le moins dense*) vers le pôle négatif (*cuivre*, ou *le plus dense*). Or, dans les expériences précédentes, nous avons vu de même le liquide *le moins dense* être poussé au travers d'une membrane organique vers le liquide *le plus dense*. Cette similitude exacte dans les effets et dans les conditions de leur existence, ne permet pas de douter qu'ils ne soient dus à une même cause, c'est-à-dire à un courant électrique. Nous allons voir cette assertion acquérir un complément de preuves, en produisant avec la seule électricité tous les phénomènes d'endosmose et d'exosmose qui ont été rapportés précédemment. Il ne s'agit pour cela que de varier un peu l'expérience de M. Porret, en faisant communiquer le pôle négatif de la pile avec l'intérieur d'un organe creux fermé de toutes parts, vide, et plongé dans de l'eau, en communication avec le pôle positif.

De cette manière, il devait y avoir une introduction rapide de l'eau dans l'organe creux, où elle serait poussée par le courant électrique dirigé du pôle positif vers le pôle négatif. Je pris donc un cœcum de poulet que je fixai par une ligature à l'ouverture d'un tube de verre. Un bouchon de liége qui fermait exactement l'ouverture de ce tube, empêchait la communication de la cavité du cœcum avec la cavité du tube. Ce bouchon était traversé par un fil de cuivre, lequel s'étendait un peu dans la cavité du cœcum, et traversant de l'autre côté toute la longueur du tube, était destiné à établir la communication de l'intérieur du cœcum avec le pôle négatif de la pile. Le tube de verre dans lequel ce fil était renfermé avait pour office de l'isoler de l'eau dans lequel le cœcum fut plongé, eau qui était en communication avec le pôle positif de la pile. Le cœcum formait ainsi un organe creux sans issue, et c'était au travers de ses parois qu'était établie la communication entre les deux pôles de la pile. Cette pile à auges était composée de 40 couples de 3 pouces et demi (9 centimètres ½) en carré; l'eau de la pile était acidulée avec de l'acide sulfurique: en 20 minutes, le cœcum, qui était entièrement vide au commencement de l'expérience, se trouva rempli de manière à être extrêmement turgide; les trois quarts de sa capacité étaient occupés par de l'eau introduite au travers de ses parois; l'autre quart était occupé par du gaz hydrogène dégagé par le pôle négatif, et provenant de la décomposition de l'eau. Je répétai la même expérience, en faisant correspondre

le pôle positif avec l'intérieur du cœcum; il n'y eut pas une seule goutte d'eau d'introduite. J'étais ainsi parvenu à produire une endosmose artificielle, au moyen de la seule électricité; mais l'état turgide du cœcum ne dépendait pas seulement de l'eau introduite dans sa cavité, elle dépendait aussi en partie du gaz hydrogène développé. Pour obvier à cet inconvénient, j'ajoutai à mon appareil un tube de verre capillaire qui pénétrait dans l'intérieur du cœcum, de la même manière que celui qui servait de conducteur au fil conjonctif. Ce tube, ouvert par ses deux bouts, s'élevait verticalement à 15 centimètres au-dessus du niveau de l'eau. De cette manière, le cœcum ne formait plus une cavité sans issue, comme dans l'expérience précédente; mais cette cavité communiquait avec l'air extérieur par le moyen du tube capillaire, qui était disposé de manière à évacuer le gaz hydrogène à mesure qu'il serait produit. Le cœcum mis en expérience vide et dans l'état de flaccidité, ne tarda pas à se remplir d'eau introduite au travers de ses parois, et à devenir turgide. Bientôt après, je vis l'eau monter dans le tube, et parvenir rapidement à son ouverture supérieure: il ne me fallut qu'une demi-heure pour obtenir ce résultat. L'eau s'écoula au-dehors par l'ouverture supérieure du tube, et cet écoulement ne cessa que lorsque l'action de la pile se fut affaiblie. Nous voyons dans ces expériences l'endosmose et l'état turgide, et, par suite, l'ascension de l'eau dans le tube être le résultat de la seule action du courant électrique dirigé au travers de la mem-

rane organique du pôle positif (*zinc, ou le moins dense*) au pôle négatif (*cuivre, ou le plus dense*). L'on ne peut manquer d'être frappé de la similitude de ces résultats avec ceux obtenus dans les expériences, où l'endosmose déterminée par la densité du fluide intérieur plus grande que la densité du fluide extérieur a produit d'abord l'état turgide de l'organe creux, et, par suite, l'ascension du liquide que contenait cet organe dans le tube dont la cavité communiquait avec la sienne. Il est évident que, dans ces deux ordres d'expériences, c'est également à un courant électrique dirigé d'un pôle *positif, ou le moins dense,* à un pôle*négatif, ou le plus dense,* qu'est due l'impulsion qui fait passer l'eau au travers de la membrane organique, et qui l'accumule du côté du pôle négatif. Un autre rapprochement confirme encore ce résultat. On sait qu'en soumettant à l'action de la pile de l'eau chargée d'un sel à base alkaline, ce sel est décomposé, l'alkali se dépose au pôle négatif et l'acide au pôle positif. Or, c'est vers le pôle négatif que s'établit la direction du courant de l'eau, d'où résulte l'endosmose. Ainsi, si l'on fait cette expérience avec de l'eau chargée de sel, le courant de l'eau se trouvera dirigé vers le pôle où se dépose l'alkali. Or, nous avons noté précédemment un fait exactement semblable; l'endosmose résulte de la seule présence d'un alkali dans une cavité organique environnée d'eau, la présence d'un acide dans cette cavité produit l'exosmose. Nous voyons ici, comme dans l'action de la pile, le courant d'eau se diriger vers

le côté de l'alkali, et fuir le côté de l'acide. Tout concourt donc à prouver que, dans l'un comme dans l'autre cas, l'impulsion de l'eau est due à un courant électrique dirigé du pôle positif (acide, ou le moins dense) vers le pôle négatif (alkali, ou le plus dense). C'est de là que résulte, d'une part, l'état turgide de l'organe creux, lorsque c'est dans sa cavité que se fait cette accumulation de l'eau; et d'une autre part, l'ascension de l'eau dans le tube qui communique avec la cavité de cet organe dans lequel l'eau est sans cesse introduite au travers de ses parois.

Après avoir produit, avec la seule électricité, tous les effets de l'endosmose, on ne pouvait point douter qu'on ne produisît de même l'effet d'exosmose. Je ne négligeai point cependant de m'en assurer par l'expérience. Ayant rempli d'eau un cœcum de poulet, je le préparai comme dans les dernières expériences, et je fis correspondre le fil qui pénétrait dans son intérieur avec le pôle positif de la pile, l'eau dans laquelle baignait le cœcum correspondant avec le pôle négatif. Le courant électrique, dirigé du pôle positif au pôle négatif, chassa l'eau de l'intérieur du cœcum au travers de ses parois; et en moins d'une demi-heure le cœcum se trouva presqu'entièrement vide. Je répétai ces diverses expériences en employant, au lieu de cœcum de poulet, des gousses de *colutea arborescens;* j'obtins les mêmes résultats; et il me fut prouvé, de cette manière, que toutes les membranes organiques animales ou végétales sont susceptibles de présenter le phénomène d'un courant d'eau

irigé au travers de leurs parois, courant dirigé du
ôté positif vers le côté négatif, lorsque les deux côtés
e ces membranes sont électrisés d'une manière dif-
érente. Il n'y a pas de doute, dans ces dernières ex-
ériences, que le courant de l'eau ne soit déterminé
ar le courant électrique. Telle est parconséquent
ussi la cause qui détermine le courant de l'eau au
ravers des membranes organiques, lorsque leurs pa-
ois opposées sont en contact avec des liquides de
ensités différentes. Ainsi, l'endosmose et l'exosmose
épendent entièrement de l'électricité. Les organes
reux qui présentent l'un ou l'autre de ces phénomè-
es sont, en quelque sorte, des *bouteilles de Leyde*
parois perméables; leur intérieur est occupé par
ne électricité opposée à celle qui existe à leur exté-
ieur; et comme le courant du liquide est toujours
irigé vers le côté négatif, il en résulte que ces *bou-
eilles de Leyde* offriront l'endosmose quand leur
ntérieur sera négatif, leur extérieur étant positif; et
u'au contraire elles offriront l'exosmose lorsque leur
ntérieur sera positif, leur extérieur étant négatif.
es considérations nous mettent à même d'expli-
uer pourquoi les organes creux, quoique ne conte-
ant aucun fluide, exercent cependant l'endosmose,
aiblement, il est vrai, mais cependant d'une manière
ensible. Ceci, au premier coup-d'œil, semble être
n contradiction avec l'assertion à laquelle nous a
onduit l'expérience, que le courant électrique qui
roduit l'endosmose provient de la supériorité de la
ensité du fluide intérieur sur la densité du fluide

extérieur. Or, ici il n'y a point du tout de fluide intérieur, et cependant l'organe creux exerce l'endosmose. D'où provient donc ici le courant électrique qui fait entrer l'eau dans la cavité? Pour résoudre cette question, il faut se reporter à la composition des tissus organiques. J'ai démontré, dans un autre ouvrage (1), que le tissu végétal est essentiellement composé de vésicules agglomérées; il en est de même du tissu animal; nous reviendrons plus bas sur cette verité essentielle à établir. Chacune de ces vésicules est ordinairement, dans l'état naturel, remplie par une substance organique plus dense que l'eau; elle exerce par conséquent l'endosmose, par rapport à ce liquide, lorsqu'il baigne ses parois extérieures. Chacune de ces vésicules est donc une petite *bouteille de Leyde*, électrisée négativement en dedans et positivement en dehors. Il résulte de là qu'un organe vésiculaire, comme un cœcum de poulet, fermé par une ligature, peut être considéré comme un organe creux dont les parois sont formées par l'agglomération d'une multitude de petites *bouteilles de Leyde*, toutes négatives à l'intérieur, et positives à l'extérieur. Or, d'après les lois connues de l'électricité, l'organe creux doit être lui-même une grande *bouteille de Leyde*, du même genre que les petites qui entrent dans sa composition. L'électricité positive qui occupe l'extérieur de chacune de ces petites *bou-*

---

(1) *Recherches sur la structure intime des animaux et des végétaux, et sur leur motilité.*

teilles de Leyde doit se porter toute entière vers l'extérieur de l'organe creux, par l'effet de la répulsion que l'électricité négative exerce sur l'électricité positive; par conséquent, l'intérieur de l'organe creux sera à l'état négatif. Ainsi, si l'on pouvait construire une sphère creuse en agglomérant, pour faire ses parois, des petites *bouteilles de Leyde* en verre, lesquelles seraient toutes positives à l'extérieur, la sphère creuse serait elle-même une *bouteille de Leyde* du même genre. Ceci nous explique pourquoi un cœcum de poulet ne contenant aucun liquide, et fermé par une ligature, se trouve cependant, lorsqu'il est plongé dans l'eau, dans un état électrique positif en dehors et négatif en dedans : d'où résulte l'introduction de l'eau, ou l'endosmose. Si les vésicules ou les petites *bouteilles de Leyde* composantes, au lieu d'être négatives, étaient positives en dedans, elles exerceraient l'exosmose au lieu d'exercer l'endosmose, et l'organe creux en ferait autant. C'est aussi ce que l'expérience prouve. J'ai démontré que lorsque les organes creux contiennent un fluide putride, ils exercent l'exosmose, quoique ce fluide putride soit cependant plus dense que l'eau environnante. Dans cette circonstance, c'est la constitution chimique du fluide qui l'emporte, comme condition de production d'électricité. Or, j'ai observé que lorsqu'un cœcum de poulet commence à se putréfier, et qu'on le plonge dans l'eau étant vide, il n'introduit point d'eau dans son intérieur, il n'exerce plus l'endosmose; bien plus, lorsqu'on le remplit d'eau pure, et qu'on le plonge

dans l'eau, il tend à se vider, il exerce l'exosmose. Ceci provient évidemment de ce que chacune des vésicules, ou *bouteilles de Leyde* composantes, a interverti son état primitif par la putréfaction des fluides qu'elles contiennnent. Lorsque ces fluides étaient dans l'état sain, leur densité, plus grande que celle de l'eau, déterminait l'état négatif de l'intérieur des vésicules, et par conséquent l'état négatif de l'intérieur de l'organe creux, et par suite l'endosmose. Lorsque ces mêmes fluides sont devenus putrides, ce nouvel état a déterminé l'état positif de l'intérieur des vésicules, et par conséquent l'état positif de l'intérieur de l'organe creux, et par suite l'exosmose.

Les considérations précédentes doivent faire penser que les tissus organiques sont plus spécialement propres que les corps poreux inorganiques pour l'établissement du courant électrique, qui communique une impulsion à l'eau; c'est aussi ce dont je me suis assuré par les expériences suivantes. Je pris un large tube de verre dont je fermai l'une des extrémités, en y fixant solidement, par une ligature, un morceau de vessie de côchon. Je plongeai ce tube dans l'eau par son extrémité fermée, en sorte que son extrémité ouverte s'élevait un peu au-dessus de la surface de ce liquide, qui, par son poids, tendait ainsi à pénétrer dans l'intérieur du tube, en filtrant au travers de la membrane animale qui fermait son extrémité inférieure, et qui était pressée par une hauteur de 8 centimètres d'eau. Cet appareil fut laissé en expérience pendant douze heures. Au bout de ce temps, je trouvai

11 grains d'eau, que la filtration avait introduit dans le tube. Alors, sans déranger la position de l'appareil, j'introduisis dans le tube, et jusqu'au contact de la membrane obturatrice, le fil conjonctif communiquant au pôle négatif de la pile, tandis que le fil conjonctif du pôle positif communiquait avec l'eau du vase, et à peu de distance de la face extérieure de la membrane. Le courant électrique ne tarda pas à déterminer l'introduction dans le tube d'une grande quantité d'eau, qui filtra au travers de la membrane. Je répétai cette expérience en employant, au lieu de membrane de vessie, un morceau de peau de gant des plus minces. J'obtins à peu près le même résultat. Une immersion de douze heures n'introduisit que 6 grains d'eau dans le tube; l'application du courant voltaïque y fit entrer l'eau avec rapidité. Il s'agissait actuellement de savoir si les corps poreux inorganiques se comporteraient de la même manière sous l'influence du courant électrique.

Je lutai solidement une plaque de grès tendre de 4 millimètres d'épaisseur à l'une des extrémités d'un tube de verre de 2 centimètres de diamètre, et je plongeai cet appareil dans un vase plein d'eau, en maintenant l'ouverture libre du tube au-dessus de la surface de ce liquide. Au bout de huit heures, je trouvai 8 grains d'eau qui étaient entrés par filtration dans le tube, ce qui indique qu'il en entrait 1 grain par heure, sous une pression de 8 centimètres d'eau. Je mis 24 grains d'eau dans le tube, j'y introduisis le fil conjonctif correspondant au pôle

négatif de la pile, tandis que le fil conjonctif correspondant au pôle positif trempait dans l'eau du vase, à peu de distance de la plaque de grès. Le courant électrique fut entretenu, avec beaucoup d'énergie, pendant une heure. Au bout de ce temps, je pesai l'eau contenue dans le tube, et je n'en trouvai que 22 grains. Il aurait dû s'en trouver 25 grains, en supposant l'impulsion électrique nulle, et en ne tenant compte que de l'introduction en vertu de la porosité. Par conséquent, une partie de l'eau introduite avait disparu, ce que j'attribue à sa décomposition, par l'action électrique qui dégage de l'hydrogène au pôle négatif. Il me parut résulter de là que l'impulsion électrique était ici de nul effet. Je recommençai cette expérience, après m'être assuré de nouveau que la plaque de grès n'introduisait par filtration qu'un grain d'eau dans une heure. Cette fois, je retrouvai dans le tube les 24 grains d'eau que j'y avais mis : résultat à peu près semblable au précédent, et qui, comme lui, me laissait dans le doute sur l'effet impulsif de l'électricité, tout en me prouvant que cet effet, s'il existait, devait être extrêmement faible : c'est ce qui me fut prouvé par l'expérience suivante. Je lutai à un tube de 35 millimètres de diamètre, une plaque de ce tuf très-poreux dont on se sert pour pierre à bâtir; elle avait 1 centimètre d'épaisseur. Cet appareil fut plongé dans le même vase, et avec la même quantité d'eau que pour l'expérience précédente. Au bout d'une heure, je trouvai 51 grains d'eau qui avaient été introduits dans ce tube par filtration. Je

mis le tube vide dans l'eau du vase, en faisant correspondre le fil conjonctif du pôle négatif avec la face intérieure de la plaque de tuf; l'eau du vase correspondait avec le pôle positif. Au bout d'une heure, je trouvai 54 grains d'eau dans le tube. Ainsi, l'impulsion électrique s'était manifestée ici par l'introduction de 3 grains d'eau de plus que ce que pouvait faire la seule porosité. Je m'assurai de nouveau de la quantité d'eau que mon appareil pouvait introduire dans l'espace d'une heure sans le secours de l'électricité. Je trouvai cette quantité un peu augmentée : l'eau introduite s'élevait à 53 grains. Alors je recommençai l'expérience avec le courant électrique, et j'eus pour résultat l'introduction dans le tube de 60 grains d'eau. Je m'assurai immédiatement après de la quantité d'eau que mon appareil introduisait, dans l'espace d'une heure, sans le secours de l'électricité, et je trouvai cette quantité de 55 grains. Je ne sais à quoi attribuer cette légère augmentation progressive de l'eau introduite par simple filtration; toujours résulte-t-il de ces expériences, que j'ai répétées plusieurs fois, et que j'ai variées, pour être certain de leurs résultats, que le courant électrique, dirigé du pôle positif au pôle négatif de la pile, ne produit qu'une impulsion très-faible sur l'eau pour la déterminer à passer au travers des corps poreux inorganiques; et que cet effet est même tout à fait insensible lorsque la porosité de ces corps est assez peu considérable pour ne permettre l'introduction que de quelques grains d'eau par heure. Aussi, lorsque

je laissais ces tubes se remplir jusqu'au niveau de l'eau du vase dans lequel ils plongeaient, et qu'alors je leur appliquais le courant électrique, comme dans les expériences précédentes, jamais il n'y avait de haussement du niveau de l'eau dans le tube; j'ai seulement vu qu'avec le secours du courant électrique, l'eau qui pénétrait par filtration dans le tube arrivait un peu plus promptement au niveau de l'eau du vase qu'elle ne le faisait par le seul effet de la pesanteur de l'eau. Ainsi, l'électricité voltaïque agit ici comme l'électricité ordinaire, en accélérant l'écoulement de l'eau; mais il y a loin de cette impulsion, qui est très-faible, à l'impulsion énergique que produit sur l'eau le courant électrique lorsqu'il la fait passer au travers des membranes organiques, dont la porosité seule, et sans le secours de l'électricité, laisse cependant assez difficilement passer l'eau. On ne peut donc se refuser à reconnaître que les membranes organiques, par certaines conditions qui leur appartiennent, sont, sinon exclusivement, au moins très-spécialement propres à transmettre l'eau par filtration, sous l'impulsion du courant électrique dirigé du pôle positif au pôle négatif. Ces conditions physiques, propres aux membranes organiques, ne sont point altérées par la dessication, car j'ai expérimenté que des cœcum de poulet, ou des vessies natatoires de carpe, qui avaient subi un dessèchement complet et très-prolongé, étaient aussi propres que dans l'état frais pour toutes les expériences qui viennent d'être rapportées; il suffisait de leur rendre leur souplesse

par une immersion suffisamment prolongée dans l'eau.

Revenons actuellement à nos premières expériences sur l'endosmose et sur l'exosmose déterminées par la différence de nature des deux liquides intérieur et extérieur.

Nous avons déterminé les effets de la différence de densité de ces deux liquides, et nous avons vu que le courant se dirige toujours vers le liquide le plus dense, à moins qu'il ne soit putride, ou qu'il ne possède certaines qualités chimiques qui intervertiraient la direction de ce courant, que les faits observés jusqu'ici nous ont porté à considérer comme *unique*. Or, de nouveaux faits vont nous apprendre que ce courant n'est point *unique*, comme nous l'avons établi d'après les apparences, mais qu'il y a effectivement deux courans opposés dans leur direction, et inégaux dans leur intensité : c'est ce dont je n'ai pas tardé à m'apercevoir en étudiant les effets d'endosmose produits par diverses substances chimiques.

Pour étudier avec facilité les effets d'endosmose ou d'exosmose que produisent les diverses substances, j'emploie un moyen très-commode, dont l'idée m'a été suggérée par l'une de mes précédentes expériences. Je fixe une vessie natatoire de carpe, ou un cœcum de poulet, à l'extrémité d'un tube de verre de trois millimètres de diamètre intérieur; un rebord de cire à cacheter, mis à ce tube, sert à fixer la ligature qui attache la vessie. Au moyen d'une petite seringue de verre, j'injecte dans la vessie, par l'autre extrémité du tube, les liquides dont je veux étudier l'action.

Lorsque la vessie est pleine, et que le liquide est même un peu élevé dans le tube, je plonge la vessie dans un vase rempli d'eau pure; le tube, suspendu verticalement au-dessus, correspond à une planchette graduée, destinée à indiquer l'élévation ou l'abaissement du liquide dans le tube. Il est évident que, s'il y a endosmose dans la vessie, le liquide doit monter dans le tube; et que si, au contraire, il y a exosmose, le liquide descendra. Il y a une cause d'erreur à éviter dans ce genre d'expérience; il est possible que la membrane de la vessie se resserre ou se dilate sous l'influence des agens chimiques. On conçoit que, dans ce cas, l'élévation ou l'abaissement du liquide dans le tube ne dépendraient point de l'endosmose ou de l'exosmose. J'obviais à cette cause d'erreur, en pesant le tube garni de sa vessie et rempli du fluide en expérience, tant avant le commencement de cette expérience qu'après sa terminaison. Je voyais par-là, d'une manière certaine, si les variations de hauteur du fluide dans le tube étaient le résultat d'un changement apporté dans la quantité du liquide que contenait la vessie. Avec cet appareil, qu'on pourrait appeler un *endosmomètre*, j'ai répété la plupart des expériences qui ont été exposées plus haut, et j'ai obtenu des résultats semblables. J'ai essayé, dans le même sens, l'action de plusieurs sels en solution dans l'eau; et c'est alors qu'un phénomène dont je soupçonnais déjà l'existence, s'est plus complètement développé à mes regards. Si l'on met dans la vessie de l'endosmomètre une solution saline concentrée, une solution d'hydro-

chlorate de soude, par exemple, on observe une ascension assez rapide du liquide dans le tube : cette solution est, par conséquent, un agent producteur d'endosmose. En même temps, l'eau du vase dans lequel trempe la vessie se charge de plus en plus de ce même hydrochlorate de soude; ce qui prouve que la vessie perd par filtration une partie du liquide salé qu'elle contient. Cependant, le courant établi du dehors au dedans de la vessie y introduit sans cesse par filtration l'eau qui baigne les parois extérieures; et il semblerait que cette vessie, qui acquiert sans cesse, ne devrait rien perdre. L'observation prouve qu'il en est autrement. Quelques instans après que l'expérience est commencée, on peut, au moyen du nitrate d'argent, constater la présence de l'hydrochlorate de soude dans l'eau qui environne la vessie; et quelque temps après, la quantité de ce sel y est assez considérable pour se manifester au goût. J'ai obtenu un résultat semblable avec tous les sels que j'ai employés à ce genre d'expérience, et même en général avec toutes les substances non chimiques qui, introduites dans la vessie de l'endosmomètre, y produisaient l'endosmose; les liquides organiques sont, par conséquent, dans ce cas. La présence de ces liquides dans l'eau environnante n'est pas, il est vrai, aussi facile à constater que l'est celle des agens chimiques, dont les réactifs décèlent avec facilité les moindres parties. Cependant, en employant des liquides colorés, la transmission de ces liquides au travers de la vessie de l'endosmomètre, devient trèsfacile à constater. Ainsi, en-

mettant dans la vessie de l'eau gommée colorée avec de l'indigo, on obtient comme à l'ordinaire l'ascension du liquide dans le tube, et par conséquent l'endosmose. Or, malgré cette introduction continuelle de l'eau, le liquide gommé coloré filtre en sens inverse au travers de la vessie, et colore en bleu l'eau environnante. Cette *filtration descendante* du liquide intérieur n'est point produite par sa pesanteur; car elle a lieu de même lorsque le liquide intérieur est plus léger que le liquide extérieur. Ainsi, lorsqu'on met dans la vessie de l'ammoniaque ou de l'alkool, il y a production d'une vive endosmose, et cependant on ne tarde pas à s'apercevoir de la présence de ces liquides intérieurs dans l'eau environnante. Ainsi, il est démontré qu'outre le courant du dehors au dedans qui produit l'endosmose, il y a un second courant plus faible, dirigé du dedans au dehors, et qui produit ainsi l'exosmose. Il résulte de là que l'endosmose et l'exosmose existent toujours simultanément, et que l'accumulation du liquide d'un côté ou d'un autre de la membrane organique, n'est que le résultat de l'excès de force et d'abondance d'un courant sur le courant diamétralement opposé. Ainsi, quand nous dirons dorénavant qu'une substance quelconque est *agent producteur d'endosmose*, cela signifiera que cette substance étant *intérieure*, et l'eau pure étant *extérieure*, il s'établit un fort courant du dehors au dedans, et un courant plus faible du dedans au dehors, d'où résulte l'augmentation progressive de la quantité du liquide *intérieur*. L'existence

de ces deux courans, prouvée ici d'une manière directe, est, au reste, un résultat nécessaire de l'action électrique à laquelle ces courans sont dus. On sait, en effet, que l'électricité produite par contact de deux substances hétérogènes, donne toujours naissance à deux courans électriques dirigés dans des sens diamétralement opposés. Tel est l'effet produit par la pile voltaïque. Dans les expériences précédentes, deux liquides hétérogènes en contact produisent de même une électricité qui manifeste ses effets par deux courans dirigés dans des sens diamétralement opposés. Un fait très-important qui résulte de ces expériences, est la différence qui existe constamment dans la force des deux courans électriques opposés. Je livre ce fait aux méditations des physiciens : il ne peut manquer de jeter quelque lumière sur la véritable théorie de l'électricité.

Nous avons vu plus haut qu'au moyen de l'électricité voltaïque seule, on pouvait produire l'endosmose ou l'exosmose, selon qu'on faisait correspondre le pôle négatif de la pile avec l'intérieur ou avec l'extérieur de la vessie, le pôle positif occupant alors la position opposée. Or, l'existence connue des deux courans électriques de la pile nous indique qu'il existe dans cette expérience, comme dans celles qui viennent d'être rapportées, deux courans d'eau opposés dans leur direction, et que l'endosmose et l'exosmose existent alors simultanément, mais avec une intensité différente. Ainsi, l'accumulation de l'eau dans la vessie n'est que le résultat de l'excès de la force du cou-

rant d'introduction sur la force du courant d'expulsion.

Il serait curieux, il serait important d'étudier les effets d'endosmose qui seraient produits en mettant les différens agens chimiques en rapport les uns avec les autres, ou même en les étudiant isolément, sous ce point de vue, dans leur rapport avec l'eau pure. Il serait également utile d'étudier ainsi les divers produits solubles que fournissent les végétaux et les animaux. Cette tâche est fort étendue, et je n'ai pu l'entreprendre. Je me suis borné à étudier l'action de quelques substances, et je me suis attaché spécialement à celles qui sont pour l'homme d'un usage fréquent. Ainsi j'ai vu que tous les liquides qui peuvent nous servir d'aliment, comme le lait, le blanc d'œuf, le jaune d'œuf, la solution de gélatine, l'eau gommée, l'eau sucrée, produisent l'endosmose. L'eau chargée de divers principes extractifs des végétaux, même d'opium, produit de même l'endosmose. L'alkool à 36 degrés, introduit dans la vessie de l'endosmomètre, produit une ascension rapide dans le tube. Cette substance est, par conséquent, un puissant agent producteur d'endosmose. Or, par son infériorité de densité sur l'eau qui environne la vessie, il devrait produire l'exosmose, ou la diminution de la quantité du liquide intérieur. Ici les qualités chimiques de ce liquide intérieur sont tellement puissantes pour produire l'endosmose, qu'elles l'emportent sur la cause d'exosmose qui résulte de l'infériorité de densité. Cependant, lorsqu'on met dans la vessie de l'endosmo-

mètre de l'alkool fort étendu d'eau, on obtient un effet inverse. Ainsi, ayant introduit dans la vessie un mélange de six parties d'eau (en volume) et d'une partie d'alkool à 36 degrés, le liquide s'abaissa lentement dans le tube, et la vessie, plusieurs heures après, avait perdu une portion notable du fluide, qui avait cessé de la remplir entièrement. Il y avait ici production d'exosmose. Ainsi, l'alkool concentré produit un effet diamétralement opposé à celui que produit l'alkool étendu d'eau. Il est facile de se rendre raison de ce phénomène. C'est en vertu de son action chimique, et malgré son infériorité de densité sur l'eau environnante, que l'alkool pur produit l'endosmose. Le mélange de l'alkool avec une forte proportion d'eau affaiblit tellement son action chimique, qu'elle cesse d'être supérieure comme cause d'endosmose à la cause d'exosmose, qui résulte de ce que le *liquide intérieur* (alkool mêlé d'eau) est inférieur en densité à l'eau pure, qui est le *liquide extérieur*. La cause d'exosmose est ici la plus forte, et elle évacue en partie la vessie. Un fait analogue, mais inverse dans ses résultats, se présente lorsqu'on met dans la vessie de l'endosmomètre un mélange d'eau et d'acide sulfurique. Ici l'excès de la densité du fluide intérieur sur la densité de l'eau environnante, devrait déterminer l'endosmose, et par conséquent l'ascension du liquide dans le tube; mais au contraire le liquide s'abaisse graduellement, et la vessie s'évacue en partie; et cela, parce que les acides sont en général des agens producteurs d'exosmose. Ici nous

voyons encore que l'action exercée par le liquide intérieur, en vertu de ses qualités chimiques, l'emporte sur l'action opposée qu'il tend à exercer en vertu de sa densité. Ces expériences prouvent combien il est important de distinguer les effets qui résultent de la densité des effets qui résultent de l'action chimique. Pour bien apprécier cette dernière, il sera nécessaire de n'employer comparativement que des solutions également denses. C'est ainsi que j'ai trouvé que l'eau fortement chargée de sulfate de soude, et l'eau également chargée d'hydrochlorate de soude, produisent l'ascension du liquide dans le tube de l'appareil décrit plus haut, avec des vîtesses qui sont entre elles comme 44 est à 3; ce qui indique que la sulfate de soude a, pour produire l'endosmose, une énergie bien plus considérable que celle que possède l'hydrochlorate de soude, propriété qu'il doit à ses qualités chimiques.

Il était important de savoir quel est le genre d'influence qu'exerce la température sur les phénomènes combinés de l'endosmose et de l'exosmose. J'ai fait dans ce but plusieurs expériences, qui toutes m'ont donné des résultats semblables. Voici l'une de ces expériences. J'ai mis dans la vessie de l'endosmomètre une solution d'une partie de gomme arabique dans dix parties d'eau, et après avoir pesé cet appareil, j'ai plongé la vessie dans un vase qui contenait de l'eau à la température de + 4 degrés R. Pendant une heure et demie que je laissai l'endosmomètre en expérience, la température de l'eau ne varia point, et j'eus

pour résultat une élévation de 33 millimètres du liquide intérieur dans le tube, et une augmentation de poids de 13 grains dans l'appareil. Alors je plongeai la vessie de l'endosmomètre dans un autre vase rempli d'eau, dont la température fut soigneusement entretenue à + 25 ou 26 degrés R. Il est à remarquer que les 13 grains d'eau introduits dans la vessie avaient diminué un peu la densité du liquide gommeux intérieur, par conséquent l'endosmose devait être plus faible, en tant qu'on ne la considérait que comme un effet de cette seule densité. Or, un effet opposé se manifesta. Le liquide intérieur monta dans le tube de 98 millimètres en une heure et demie, et le poids de l'appareil se trouva augmenté de 23 grains. La quantité dont le liquide intérieur s'est élevé dans le tube, à ces deux expériences, n'est point l'indice exact de la quantité comparative du liquide introduit, parce que la dilatation du liquide intérieur par la chaleur est ici une cause accessoire de l'élévation de ce liquide dans le tube. C'est donc seulement le poids de l'appareil avant et après l'expérience, qui indique d'une manière certaine la quantité de l'eau introduite dans la vessie par l'endosmose. Or, nous avons vu que, par une température de + 4 degrés R., cette introduction a été seulement de 13 grains dans une heure et demie, tandis que dans le même temps, et par une température de + 25 degrés, cette introduction a été de 23 grains.

Ainsi, il est démontré que l'élévation de la température augmente l'intensité de l'endosmose. Ce fait

est en harmonie avec les résulats des expériences par lequelles M. Becquerel a prouvé que l'élévation de la température des deux métaux dont le contact produit l'électricité, augmente l'intensité du courant électrique. Cela prouve de plus en plus que l'endosmose est due à l'électricité développée par le contact des deux liquides de densité différente.

Je citerai un dernier fait à l'appui de ceux qui viennent de nous démontrer que l'endosmose est due à une impulsion électrique. Lorsqu'un cœcum de poulet, presqu'entièrement rempli d'albumen d'œuf, est plongé dans l'eau, il introduit ce liquide dans son intérieur, et devient turgide. Si l'on ouvre le cœcum après quelques heures d'expérience, on trouve sa surface intérieure tapissée par une fausse membrane formée d'albumen coagulé. Or, on sait que la coagulation de l'albumine est un des effets que produisent les courans de l'électricité voltaïque.

Les expériences précédentes nous ont appris que les liquides différens de densité ou de constitution chimique, lorsqu'ils ne sont séparés que par une membrane fine et perméable, donnent lieu à la production de courans électriques. Il serait fort important de déterminer en quoi consistent les conditions chimiques qui remplacent la densité du liquide pour le rendre apte à prendre, dans cette circonstance, l'électricité négative. Nous avons vu que l'*alkalinité* est une de ces conditions chimiques. La *combustibilité* paraît en être une autre. C'est pour cela que l'alkool se comporte comme un liquide très-dense. C'est

ꞏeut-être aussi parce qu'il contient un radical très-ꞏombustible, le soufre, que le sulfate de soude proꞏuit une endosmose plus énergique que l'hydrochlorate ꞏe soude à égale densité. Il est ici un rapprochement ꞏurieux à faire. On sait que le pouvoir réfringent des ꞏubstances diaphanes est en raison de leur densité et ꞏe leur combustibilité, ce qui indique que ces deux ꞏualités des corps produisent, dans certains cas, des ꞏffets semblables. Je me borne à exposer ce rapproꞏhement, qui indique l'existence d'un mystère fort ꞏmportant à dévoiler.

Désirant savoir si les substances poreuses inorgaꞏiques sont propres à la production des phénomènes ꞏ'endosmose, j'ai fait les expériences suivantes. A ꞏouverture évasée de deux petits entonnoirs de verre, ꞏai luté avec soin à l'un une plaque de tuf calcaire ꞏendre, et propre à filtrer l'eau; à l'autre, une plaque ꞏe grès tendre; la plaque de tuf avait 8 millimètres, ꞏa plaque de grès seulement 4 millimètres d'épaisseur. ꞏnsuite, par le petit canal des entonnoirs, j'ai introꞏuit dans leur cavité une forte solution de gomme ꞏrabique. Ces appareils ont de suite été plongés dans ꞏeau de pluie et dans une situation renversée, en ꞏorte que les ouvertures des entonnoirs, munies de ꞏeur plaque poreuse, étaient tournées en bas, tanꞏis que les tubes opposés s'élevaient au-dessus de ꞏeau. Ce liquide s'est introduit par filtration dans ꞏa cavité des entonnoirs, jusqu'à ce qu'il ait acquis ꞏans les tubes la hauteur du niveau de l'eau extéꞏieure, hauteur qui a été dépassée, par l'effet de l'attrac-

tion capillaire des tubes, de 2 millimètres seulement; le liquide ne s'est point élevé plus haut. Ainsi, dans cette circonstance, il n'y a point eu d'impulsion du liquide, il n'y a point eu d'endosmose. Je ne sais si je dois attribuer l'absence de cet effet à ce que les substances inorganiques seraient incapables de le produire. Je suis plus porté à penser que cette absence d'impulsion électrique provient, dans ce cas, de l'épaisseur des plaques qui séparaient les deux liquides de densité différente. J'ai observé, en effet, que l'on obtient une endosmose beaucoup plus énergique avec des organes membraneux, lorsqu'ils sont très-minces, que lorsque leurs parois ont une certaine épaisseur. Il me paraît donc que l'intensité de l'électricité produite en pareil cas, est en raison du rapprochement des deux liquides. Ceci expliquerait pourquoi il ne s'est point manifesté d'impulsion du liquide extérieur, lorsqu'il était séparé du liquide intérieur, par une plaque poreuse de 4 ou de 8 millimètres d'épaisseur.

CHAPITRE V.

Application des observations précédentes à la statique vitale des végétaux.

En recherchant plus haut quelles sont les conditions nécessaires pour que la progression de la sève ait lieu, nous sommes arrivés à la connaissance de ce fait, qu'il existe dans le tissu végétal vivant, un *état turgide* résultant de ce que l'eau est accumulée dans les petits organes creux qui composent ce tissu *avec excès*, c'est-à-dire en plus grande quantité que ne l'opérerait la simple attraction des parois de ces organes capillaires. Nous avons vu que cet *état turgide* est la condition nécessaire de la progression de la sève. Or, la cause de cet *état turgide* est évidemment l'*endosmose;* elle seule, en effet, peut produire l'effet d'accumuler l'eau dans les organes creux *avec excès*, et de manière à les rendre turgides. D'ailleurs, les vésicules ou les cellules qui composent le tissu végétal, possédant ordinairement dans leur cavité des liquides organiques plus denses que l'eau, il en résulte nécessairement qu'elles doivent être le siége de l'endosmose, lorsque leurs parois extérieures sont en contact avec l'eau. Ici, ce n'est point une probabilité que j'expose, c'est une nécessité physique. Ainsi, la nécessité de l'existence de l'endosmose chez les végétaux, est prouvée par l'existence même des conditions

de cette action physico-organique. Mais ce n'est pas tout : nous avons vu plus haut que l'existence de ces conditions, c'est-à-dire la présence des liquides organiques denses dans les petits organes creux du tissu végétal, est une des conditions nécessaires pour l'existence de l'état turgide de ces organes. Or, comme l'état turgide dérive de l'endosmose et ne peut dériver que d'elle, il en résulte que l'existence de l'endosmose chez les végétaux se trouve ainsi prouvée directement, d'une part, par l'existence de sa cause ordinaire et connue, et, d'autre part, par l'existence de l'effet qu'il n'appartient qu'à elle seule de produire. Suivons ces preuves, nous allons les voir s'accumuler. Nous avons vu, dans les expériences précédentes, que le fluide intérieur qui détermine l'endosmose cesse d'être propre à produire cet effet lorsque sa composition chimique s'est altérée, lorsque, par exemple, il est devenu putride. Or, nous avons vu plus haut que l'intégrité de composition des liquides organiques qui remplissent les petits organes creux du tissu végétal, est une des conditions nécessaires pour l'existence de l'état turgide de ce tissu. Ceci nous prouve encore que cet état turgide dépend de l'endosmose, puisqu'il est, comme elle, aboli par le seul fait de l'altération chimique de la composition du liquide intérieur. La force exubérante, et sans cesse active qui produit l'endosmose dans les organes creux, chasse les liquides dans les tubes ascendans qui communiquent avec ces organes. Des expériences directes nous ont démontré ce fait, qui nous dévoile la cause de l'ascension de la

sève lymphatique ou de sa progression par *impulsion*. Ici, un effet connu découle si évidemment d'une cause également connue, qu'il est impossible de méconnaître leur enchaînement. On ignorait complètement cette cause nouvelle, cette cause énergique d'impulsion qui existe dans tout le règne organique; on ne connaissait guère que la contraction des parois des organes creux pour imprimer un mouvement progressif aux liquides que contiennent ces organes. Il était tout simple qu'on admît hypothétiquement cette seule cause connue d'impulsion, pour expliquer la progression de la sève ascendante qui est évidemment poussée par une force *à tergo*. Or, j'ai prouvé que la contraction des parois des organes creux sur les liquides qu'ils contiennent, n'existe pas dans le tissu végétal; ceci est une preuve explétive en faveur de l'existence de l'endosmose, qui, seule avec la contraction, est apte à produire l'impulsion des liquides chez les êtres organisés. Les organes creux des tissus mous végétaux distendus par l'accumulation du liquide dans leur intérieur, réagissent, il est vrai, sur ce liquide en vertu de leur élasticité; mais ceci n'est point un phénomène de *contraction* ou d'*incurvation organique*. Ainsi, ce fait n'infirme point ce que j'ai avancé touchant l'absence de la *contraction* proprement dite, considérée comme cause de progression des liquides chez les végétaux : cette progression dépend de la seule endosmose. C'est elle qui produit en même temps la progression de la sève par *impulsion* et sa progression par *adfluxion*. Nous allons expo-

ser le mécanisme de ces deux modes de progression.

Les spongioles des racines sont, comme nous l'avons vu plus haut, les organes dans lesquels la sève ascendante reçoit l'impulsion qui la porte vers les parties supérieures du végétal. Ces organes, siéges exclusifs de l'absorption de l'eau, sont très-turgides, et ne le deviennent plus par le seul effet de leur capillarité, quand ayant subi une certaine dessication à l'air libre, elles sont ensuite replongées dans l'eau. Ceci prouve que leur état turgide dépend, comme celui des feuilles, de l'endosmose, et non de la simple capillarité. Environnées d'eau, les spongioles l'introduisent sans cesse dans l'intérieur des cellules qui composent spécialement leur tissu. Cette eau, sans cesse introduite par l'endosmose, et accumulée avec excès dans les organes qu'elle rend turgides, ne trouve point, comme dans les feuilles, un moyen d'évacuation par l'évaporation. Dès lors il en doit résulter un mouvement d'impulsion qui chasse l'eau dans les tubes ascendans de la racine et de la tige. L'eau, sans cesse affluente dans les spongioles, par l'effet de l'endosmose, chasse vers les parties supérieures l'eau précédemment introduite. Telle est la cause de cette pression considérable à laquelle est soumise la sève ascendante de la vigne dans ses canaux, pression supérieure à celle de l'atmosphère, ainsi que l'ont prouvé les expériences de Hales et celles de MM. Mirbel et Chevreul. Cet état de pression de la sève existe, quoique d'une manière moins marquée, dans tous les végétaux. Si l'on coupe en travers une plante herba-

tée abondante en sève, une cucurbitacée par exemple, on voit la sève sortir des deux portions de la tige divisée; et cette issue de la sève hors de ses canaux prouve qu'elle y était dans un état de pression. Nous avons vu plus haut que ce même état de pression existe par rapport au suc laiteux du figuier, et qu'il ne peut être rapporté à la contraction des vaisseaux.

Passons actuellement à la progression de la sève *par adfluxion*. Supposons une tige coupée et plongée dans l'eau par sa partie inférieure. Les cellules et les vaisseaux situés à la surface des feuilles perdant, par l'évaporation, une partie des fluides qu'ils contiennent, l'endosmose sans cesse active de ces organes remplit le vide par l'introduction des fluides empruntés aux organes voisins, et cette action, qui opère *l'adfluxion* de la sève vers les feuilles, s'étend de proche en proche jusqu'à la base de la tige qui trempe dans l'eau. L'endosmose des feuilles, et en général des parties molles et herbacées du végétal, qui, comme les feuilles, demeurent turgides, tend sans cesse à introduire dans les petites cavités organiques les fluides fournis par les tubes, dont les extrémités ouvertes trempent dans l'eau. Ainsi, c'est par une sorte de *succion* (si toutefois il m'est permis de me servir de cette expression inexacte) que l'eau du vase est déterminée à monter dans les tubes de la tige, qui peuvent être, et qui souvent sont très-probablement inertes dans cette circonstance. Voici une expérience qui rend cette dernière assertion très-probable. Je mis une mercu-

riale tremper par la partie inférieure de sa tige dans de l'eau, à laquelle j'ajoutai $1/48$ de son poids d'acide sulfurique concentré. Ce liquide délétère ne tarda pas à monter dans la tige, qui, par cette introduction, devint jaune, flasque et molle partout où l'acide avait pénétré. Au bout de quatre jours, l'acide avait monté dans la tige à la hauteur de 22 centimètres au-dessus du niveau du liquide que contenait le vase où se trouvait la plante. Cette tige, partout où l'acide avait pénétré, était jaune, molle, et de consistance presque pulpeuse. Sa mort était complète. Cependant elle ne cessait pas de pomper le fluide acide dans lequel plongeait son extrémité inférieure, ainsi que je m'en suis assuré en pesant chaque matin à la même heure le flacon qui contenait le fluide acide, flacon qui, par les précautions que j'avais prises, ne pouvait rien perdre directement par l'évaporation, je pesai de même la plante pour mesurer son évaporation. Le premier jour, la plante absorba 156 grains; elle évapora 154 grains; le second jour, absorption, 70 grains, évaporation, 114 grains; le troisième jour, absorption, 42 grains, évaporation, 80 grains; le quatrième jour, absorption, 36 grains, évaporation, 64 grains : fin de l'expérience. La tige était morte dans toute son étendue, ainsi qu'une partie des rameaux; les feuilles seules étaient encore vivantes. On voit ici que l'ascension du liquide fut opérée dans une tige complètement morte, et par conséquent inerte. Mais il est à remarquer que la quantité du liquide ascendant diminua chaque jour, à mesure qu'une plus grande étendue de

la tige était frappée de mort, ce que l'on doit attribuer à la destruction d'une partie de ses organes. Cependant l'évaporation n'éprouvait point de la diminution dans la même proportion; et dans cette circonstance, l'absorption avait cessé d'être proportionnelle à l'évaporation, comme cela a lieu dans l'état naturel. Les feuilles dans lesquelles le fluide acide n'avait pas encore pénétré, avaient conservé leur fraîcheur, c'est-à-dire leur couleur verte et leur état turgide. Elles vivaient évidemment aux dépens de la sève contenue primitivement dans la tige, et qui, à mesure qu'elle était transmise de proche en proche aux feuilles, était remplacée par le fluide acide ascendant. L'ascension de ce fluide dans une tige évidemment morte, mais qui conservait encore une partie de ses canaux capillaires, dépendait évidemment de l'adfluxion sollicitée par l'endosmose des feuilles. Il n'y avait point là, comme on pourrait le penser, ascension du liquide par le seul effet de la capillarité des tubes végétaux, ascension qui aurait été favorisée par le vide qu'avait opéré l'évaporation dans les feuilles, ascension qui aurait été ainsi le résultat de la tendance du liquide à remplir le vide des tubes. Une autre expérience déjà rapportée plus haut, prouve cette assertion. Une mercuriale qui avait été desséchée à l'air libre, au point de perdre les 0,72 de son poids, ayant été plongée entièrement dans l'eau pendant un temps suffisant, s'imbiba complètement de ce fluide, mais sans redevenir turgide. Mise alors dans l'eau seulement par la partie inférieure de la tige,

elle n'absorba aucunement ce liquide dont ainsi l'ascension ne fut point du tout déterminée par le vide que l'évaporation ne tarda pas à opérer dans les feuilles et dans les parties de la tige qui étaient dans l'atmosphère, et qui se desséchèrent promptement. Il se prouve donc de plus en plus que ce n'est point la capillarité qui produit l'ascension de l'eau dans la tige et dans les feuilles d'une plante coupée et immergée par sa partie inférieure, et que cette ascension dépend exclusivement de l'endosmose, qui produit l'état turgide des feuilles, et qui leur donne par ce fait même le pouvoir d'imprimer à la sève un mouvement *d'adfluxion* dont elles sont le terme. Ces observations prouvent que l'ascension de la sève peut, dans certains cas, avoir lieu sans aucune action des tubes séveux, qui lui servent de conduits inertes jusqu'aux lieux où l'endosmose l'attire.

Chez les végétaux coupés et trempés dans l'eau par la partie inférieure de leur tige, le phénomène de l'ascension de la sève par adfluxion existe dans toute sa simplicité, et exempt de toute complication. On conçoit que ce même phénomène doit avoir lieu lorsque le végétal est dans son état naturel, c'est-à-dire implanté par ses racines dans le sol imbibé d'eau. La sève ne peut manquer d'être sollicitée jusque dans les racines par la tendance d'adfluxion que produit l'endosmose des feuilles, puisque les tubes séveux offrent ordinairement une cavité non interrompue depuis l'extrémité des racines jusqu'à celle des tiges, ainsi que nous l'avons vu plus haut. Je me suis d'ailleurs

assuré de ce fait par l'expérience suivante : J'ai pris une mercuriale très-jeune et issue par rejeton d'une racine déjà ancienne. Cette mercuriale ne possédait que quatre petites feuilles. Ses racines étaient assez considérables. Je plaçai ses racines, dépourvues de terre et d'humidité extérieure, dans un vase que je remplis de mercure, en tenant les racines plongées dans ce métal par des moyens convenables; car leur légèreté spécifique les eût fait surnager. La mercuriale, ainsi disposée, se conserva pendant trois jours aussi fraîche que si elle eût été implantée dans le sol. Elle vivait alors aux dépens des liquides contenus dans ses racines, liquides qui étaient attirés dans les feuilles *par adfluxion* seulement; car il ne pouvait point exister ici *d'impulsion* de la part des racines, puisque, plongées dans le mercure, elles n'introduisaient rien du dehors.

Les feuilles perdent la faculté de devenir turgides, et par conséquent la faculté d'opérer l'ascension de la sève par adfluxion, lorsqu'elles ont perdu, par la dessication, une certaine quantité des liquides organiques qui remplissent leurs cellules et leurs tubes dans l'état naturel. Ces liquides organiques, plus denses que l'eau, sont les agens producteurs de l'endosmose; leur absence ou leur diminution notable entraînent nécessairement l'absence ou la diminution de l'endosmose et de ses effets; c'est-à-dire l'absence de l'état turgide et du mouvement d'adfluxion. L'altération chimique de ces liquides organiques produit les mêmes effets. Alors la plante *meurt;* l'état de *vie* du végé-

tal n'est, dans le fait, autre que l'état d'endosmose, état de turgescence que les végétaux ne quittent effectivement jamais tant qu'ils *vivent;* car la mort de toute partie végétale se manifeste par sa *flaccidité,* si cette partie est molle. Ainsi, la progression de la sève *par impulsion* et sa progression *par adfluxion* dépendent également de l'endosmose. Tout organe, siége de cette action physico-organique ou *vitale,* est nécessairement, et à la fois, *origine d'impulsion* et *but d'adfluxion* pour les liquides. Voyons de quelle manière ces deux effets d'une même action se combinent aux deux extrémités opposées du végétal. Les racines environnées d'eau n'ont point le moyen de déplétion par l'évaporation que possèdent les feuilles; par conséquent, l'afflux de l'eau que l'endosmose accumule sans cesse dans les spongioles doit avoir pour effet principal et dominant l'*impulsion* de ce liquide vers les parties supérieures. Cependant, l'effet d'*adfluxion* ne doit pas être entièrement nul chez elles; elles aspirent fortement les liquides du dehors, et doivent aspirer faiblement les fluides contenus dans les parties supérieures de la plante. Les feuilles placées dans un milieu favorable à l'évaporation des liquides qui remplissent leur tissu, possédant ainsi une cause continuelle de déplétion, doivent au contraire aspirer avec énergie les liquides contenus dans la tige et dans les racines. C'est l'effet d'*adfluxion* qui, chez elles, est le résultat dominant de l'endosmose; mais l'effet d'*impulsion* ne doit pas leur être étranger, il doit seulement être plus faible que celui

des racines; car cet effet d'impulsion étant le résultat de l'excès de plénitude des cellules dans lesquelles le fluide séveux s'introduit sans cesse, il est évident qu'une cause extérieure qui, comme l'évaporation, élimine sans cesse cet excès de plénitude, doit nécessairement diminuer d'autant l'effet d'impulsion. Ce dernier effet existe cependant, et l'observation le prouve, car la sève descendante ne reconnaît pas simplement pour cause l'action de la pesanteur. J'ai expérimenté, en effet, que les bourrelets qui se développent à la partie supérieure d'une décortication annulaire, ne laissent pas de se développer de la même manière lorsqu'on reverse vers la terre l'extrémité supérieure de la branche sur laquelle cette décortication annulaire est pratiquée. Il est donc prouvé que la sève descendante obéit à une impulsion, et le siége de cette impulsion ne peut être que dans les feuilles, siége de l'endosmose, qui produit à la fois l'effet d'adfluxion et l'effet d'impulsion. En effet, la production du bourrelet, lors de la décortication annulaire, n'a point lieu lorsqu'on ôte toutes les feuilles de la branche sur laquelle elle est pratiquée, et qu'on les empêche de se reproduire. Ainsi, les feuilles et les spongioles nous présentent, dans un rapport inverse, la réunion des deux effets de l'endosmose. Les feuilles sont le but d'une forte adfluxion, et l'origine d'une impulsion plus faible; les spongioles, au contraire, sont l'origine d'une forte impulsion, et le but d'une plus faible adfluxion de la part des fluides séveux contenus dans les parties supérieures. C'est de

la combinaison de ces divers effets de l'endosmose que résultent, d'une part, la progression ascendante de la sève, et, de l'autre part, la progression descendante de ce fluide.

L'ascension de la sève par impulsion n'a lieu, d'une manière bien marquée, que dans les tubes lymphatiques, qui, comme nous l'avons vu plus haut, sont des tubes dont la cavité s'étend quelquefois depuis l'extrémité des racines jusqu'à celle des tiges; mais lorsque la continuité de cette cavité des tubes se trouve interrompue par des cloisons ou par l'interposition de masses de tissu cellulaire, alors l'impulsion directe opérée par les spongioles des racines se trouve arrêtée. Nous avons vu plus haut que, dans la vigne, la sève ne monte par impulsion que dans le bois déjà d'un certain âge, chez lequel seul les tubes lymphatiques offrent une cavité non interrompue, les diaphragmes qui les cloisonnaient de distance en distance ayant disparu; ces cloisons diaphragmatiques existent encore dans les tubes lymphatiques des jeunes branches de la vigne; et la sève ascendante, en raison de cela, n'y parvient spécialement que par adfluxion. Aussi ces jeunes branches ne versent-elles point une sève abondante comme le vieux bois, lorsqu'on les coupe au printemps. Il est des végétaux, comme les graminées, chez lesquels les tubes lymphatiques sont interrompus, de distance en distance, par des *nœuds* composés de tissu cellulaire. On croirait, au premier coup-d'œil, que cela devrait être un obstacle à la progression de la sève; mais en y réflé-

chissant, on voit qu'au contraire cette disposition est faite pour favoriser la progression de ce fluide. Les vésicules agglomérées qui composent le tissu cellulaire des *nœuds* ont chacune leur endosmose particulière, qui les rend but d'adfluxion et origine d'impulsion. Il doit résulter de la réunion de leurs actions particulières, un effet général d'adfluxion opéré principalement du côté ou la sève arrive déjà par plus forte impulsion, c'est-à-dire du côté d'en bas, et un effet général d'impulsion opéré principalement du côté où la sève est déjà aspirée par plus forte adfluxion, c'est-à-dire du côté d'en haut. Ainsi, les *nœuds* sont véritablement des organes moteurs placés de distance en distance pour favoriser la progression de la sève, qui, sans ce secours, ne pourrait probablement arriver jusqu'au sommet des plantes, ordinairement grêles et fort allongées, dans lesquelles cette organisation existe.

Quoiqu'il soit certain que les fluides des végétaux soient, en général, soumis à deux mouvemens généraux opposés, l'un ascendant et l'autre descendant, cependant il n'y a point ici de véritable circulation. Ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut, la sève lymphatique ascendante et la sève élaborée descendante sont véritablement soumises à une diffusion générale, qui intervertit souvent la direction la plus générale de leur marche. Cette diffusion générale dépend de l'endosmose particulière de chacun des organes creux qui composent le tissu végétal, et qui, en vertu de cette endosmose, exercent, les uns sur

les autres, une *succion* dont les effets se font sentir de proche en proche. Aussi avons-nous vu plus haut que la sève lymphatique, généralement ascendante, est cependant quelquefois descendante, et que la sève élaborée, généralement descendante, devient ascendante dans quelques circonstances. Toute partie en développement reçoit nécessairement ces deux sortes de sève, et c'est son endosmose qui les attire. Quelque forte que soit l'impulsion de la sève, elle ne fait point pénétrer ce liquide dans une partie morte. C'est parce que les corolles *meurent*, c'est-à-dire cessent de posséder l'endosmose, qu'elles se flétrissent après la floraison; l'embryon, dans un fruit fécondé, est, en raison de son endosmose, un but d'adfluxion de la sève. Si l'embryon meurt, le fruit se flétrit et tombe, parce que la sève n'y est plus attirée. Le *développement*, ce phénomène propre aux seuls êtres vivans, est encore un résultat de l'endosmose, ainsi que la nutrition, cause immédiate de ce développement. Le mécanisme de cette fonction est facile à déduire des faits que l'observation vient de nous apprendre. Chaque vésicule possédant dans son intérieur un fluide plus dense que ne l'est la sève que contiennent des organes voisins, attire ce fluide nourricier en vertu de l'endosmose, et tend à l'introduire dans sa cavité déjà remplie. Mais ce courant introducteur n'existe pas seul, comme nous l'avons vu plus haut. L'électricité, cause de ce phénomène, donne lieu à deux courans opposés dans leur direction, et inégaux en intensité. Ainsi, outre le courant d'introduction,

Il y a un courant d'expulsion, qui est plus faible, de sorte que chaque vésicule opère à la fois l'endosmose et l'exosmose; mais comme la première est la plus forte, la vésicule est toujours remplie *avec excès*, et conserve son état turgide. Cette introduction violente du liquide extérieur dans la cavité de la vésicule, doit nécessairement avoir pour effet de lui faire subir une dilatation; de là résulte l'augmentation de grosseur des parties organiques toutes composées de vésicules agglomérées : c'est une des causes du développement. Un autre effet de cette introduction violente du liquide extérieur dans la cavité des vésicules, est l'expulsion des substances précédemment introduites : ce second effet seconde la faible exosmose qu'exerce chaque vésicule, et favorise ainsi le renouvellement continuel du liquide qu'elle contient. C'est en cela que consiste le mouvement continuel de *composition* et de *décomposition* qui constitue la *nutrition*. Les vésicules voisines échangent sans cesse leurs liquides; cette échange ne s'opère point sans que ces liquides ne subissent des modifications dans leur composition chimique; et cela parce que ce sont des courans électriques qui déterminent ces échanges. On sait, en effet, qu'il n'y a point de courans électriques dans des conducteurs liquides, sans altération chimique de la composition de ces liquides, comme on sait, par les expériences de M. Becquerel, qu'il n'y a point d'action chimique sans production de courans électriques. Ainsi, les courans électriques qui transfèrent les liquides d'une vésicule à une au-

tre, n'opèrent point ce déplacement sans modifier la composition chimique du liquide, lequel sort d'une vésicule par l'effet d'un courant d'exosmose, et entre dans la vésicule voisine par l'effet d'un courant d'endosmose. De cette manière, la composition chimique du liquide intérieur des vésicules ne reste jamais stationnaire; et c'est de là que provient la différente qualité des sucs que contiennent les fruits aux différentes époques de leur existence, depuis leur origine jusqu'à leur maturité. C'est de là que vient le changement de l'aubier en *duramen;* car le durcissement du bois, dans ce cas, ne provient que de l'état de solidité que prend, par l'effet de sa modification chimique, la substance contenue dans les clostres. Alors cesse tout phénomène d'introduction nouvelle. Il n'y a plus d'endosmose, plus de nutrition. La vésicule remplie d'une substance totalement concrète n'appartient plus à la vie. Considérée sous ce point de vue, la nutrition consiste dans une véritable sécrétion. Chaque vésicule sécrète le liquide qu'elle contient; et ses parois sont ainsi de véritables *filtres chimiques*, qui ne laissent passer que des molécules d'une nature particulière, comme les *filtres mécaniques* ne laissent passer que des particules d'une certaine grosseur. Tel est, chez les végétaux, le mécanisme général de la *sécrétion*, qui fait une partie essentielle de la nutrition, mais qui ne la constitue pas toute entière. En effet, outre la production du liquide intérieur des vésicules, outre l'augmentation du volume de ces dernières, il y a encore, dans le

phénomène de la nutrition et du développement, le uit de la multiplication de ces mêmes vésicules. Il paraît qu'elles sont toutes formées dans les fluides organiques, et qu'il est dans la nature de ces fluides d'être composés de molécules vésiculaires. Aussi, en les examinant au microscope, les voit-on composés de globules nageant dans un fluide aqueux. C'est dans les parois des cellules ou des vésicules que paraissent d'abord et se développent ensuite les nouvelles cellules; et en effet, ces petites vésicules, que l'on considère comme des *corpuscules* nerveux, ne sont que des rudimens de cellules développées dans l'intérieur des parois des grandes cellules. Toute partie nouvelle est toujours le résultat d'une *production médiane;* c'est-à-dire qu'elle est produite environnée de toutes parts de parties organiques. Jamais cette production n'est véritablement *extérieure,* quoiqu'elle paraisse l'être souvent. J'ai démontré cette vérité dans un précédent ouvrage (1), où j'ai émis quelques idées sur la nutrition des végétaux (2); j'ai avancé qu'*il n'y a point chez eux ce remplacement de molécules anciennes par des molécules nouvelles, tel qu'on suppose qu'il existe chez les animaux.* Cette assertion ne peut être vraie que par rapport aux vésicules, ou plus généralement par rapport aux organes creux, qui sont les *parties conte-*

---

(1) *Recherches sur l'accroissement et la reproduction des végétaux. — Mémoires du Muséum*, t. 7 et 8.

(2) *Idem*, t. 8, p. 288 et suivantes.

nantes; ces parties, effectivement une fois formées, restent invariablement en place; mais il n'en est pas de même des fluides, ou plus généralement des *parties contenues;* celles-ci sont assujetties à des transports continuels d'un organe creux dans un autre; et c'est dans cette partie seulement du phénomène de la nutrition qu'il s'opère un remplacement des substances anciennes par des substances nouvelles, chez les végétaux.

Chaque cellule ou vésicule qui entre dans la composition du tissu végétal *absorbe* et *exhale* continuellement. Ces deux actions sont, comme nous venons de le voir, le résultat nécessaire des deux courans électriques qui déterminent le transport des liquides du dehors au-dedans et du dedans au-dehors. Ainsi, l'absorption et l'exhalation dépendent de l'endosmose et de l'exosmose : la capillarité est tout à fait étrangère à ces deux actions, du moins dans l'état naturel de la vie. En effet, l'attraction capillaire est une cause bornée dans ses effets. Il y a dans tous les corps un point de saturation pour l'introduction des liquides par l'effet de la capillarité. Un minéral poreux plongé dans l'eau, se sature de ce liquide, ou s'en imbibe jusqu'à la plénitude de ses cavités capillaires; ce terme étant atteint, il n'y a plus d'indroduction. Or, il n'en est pas de même chez les végétaux vivans. Une plante aquatique prend de l'accroissement, quoiqu'entièrement plongée dans l'eau, ce qui prouve que, malgré son immersion prolongée, et par conséquent, malgré la saturation de son action capillaire, elle absorbe les

substances du dehors. L'absorption est donc tout à fait indépendante de la capillarité, c'est l'endosmose seule qui l'opère. Ce qui est évident ici, par rapport à une plante entièrement plongée dans l'eau, ne l'est pas moins par rapport à un végétal dont les racines sont dans un sol humide, et dont la tige est dans l'air. Toutes les parties de ce végétal sont turgides, effet que ne peut produire la seule capillarité, ainsi que nous nous en sommes assurés plus haut par l'expérience. Les organes creux végétaux, par cela même qu'ils sont turgides, sont donc au-delà du terme de la saturation de leur attraction capillaire. Ce n'est donc point cette attraction qui produit l'absorption qui ne cesse point de s'opérer, malgré la quantité de liquide déjà introduite *avec excès*, ou en plus grande quantité que ne le pourrait faire cette attraction capillaire. Il est évident que c'est à la seule endosmose qu'est due l'absorption, et que la capillarité n'y contribue en rien, tant que les organes végétaux sont dans l'état turgide, qui est pour eux l'état de vie. Mais il n'en est pas de même lorsque, par un desséchement accidentel, ils ont perdu cet état turgide jusqu'à un point inférieur à celui de la saturation de leur attraction capillaire. Alors cette attraction doit agir pour opérer l'introduction de l'eau, et cela jusqu'à la plénitude des cavités capillaires, mais sans les distendre *avec excès*, sans les rendre turgides; car il n'appartient qu'à l'endosmose de produire cet effet. Ainsi, l'introduction de l'eau par l'effet de l'attraction capillaire, n'est chez les végétaux, qu'un phénomène acciden-

tel qui ne mérite pas, à proprement parler, le nom d'*absorption* : ce n'est point un phénomène *vital*. Il n'en est pas de même de l'introduction de l'eau par l'effet de l'endosmose; c'est là le phénomène véritablement *vital* auquel le nom d'*absorption* doit être exclusivement appliqué.

Les vésicules du tissu végétal étant toujours dans l'état turgide, et introduisant néanmoins sans cesse de nouveaux fluides dans leur intérieur, l'*exhalation* qu'elles opèrent doit être en partie l'effet indirect au subséquent de l'endosmose; car cette exhalation est aussi l'effet de l'exosmose qui leur est propre. Dans le courant de cet ouvrage, j'ai constamment désigné par le simple nom d'*évaporation*, la perte de liquides que font les végétaux par l'effet de l'action dissolvante de l'air atmosphérique. Mais plusieurs faits prouvent que cette perte de liquides ne se fait pas entièrement comme se ferait, par exemple, celle qu'éprouve une étoffe mouillée qui se sèche : ici, c'est l'action dissolvante de l'air, qui seule agit sur l'étoffe pour lui enlever l'eau qui l'imbibe. Il n'en est pas tout à fait de même pour le végétal vivant; il *exhale*, et livre ainsi à l'action dissolvante de l'air, ses liquides surabondans. Il y a chez le végétal une véritable *transpiration;* aussi, la perte qu'il fait par l'évaporation n'est-elle point soumise aux seules lois qui président à l'évaporation des liquides, comme cela a lieu pour les corps inorganiques imbibés d'eau. La présence de la lumière augmente considérablement l'exhalation des plantes, exhalation qui n'est plus la même dans l'obs-

curité, quoique l'état thermométrique et hygrométrique de l'air n'ait point varié. Cela provient évidemment de ce que la lumière exerce une influence d'un genre inconnu sur l'énergie de l'endosmose et de l'exosmose végétales. Aussi, arrive-t-il quelquefois que le liquide qui est chassé au-dehors soulève l'épiderme en forme de petites vésicules, lorsqu'il ne peut sortir assez librement : c'est ce que l'on voit dans le *mesembryanthemum crystallinum*, dont les petites vésicules ou boursouflures de l'épiderme ne sont jamais plus remplies que lorsque la plante est exposée au soleil, parce que la lumière et la chaleur augmentent alors l'action vitale. L'exhalation des végétaux a lieu de même, lorsqu'ils sont entièrement plongés dans l'eau. J'ai pu me convaincre de cette vérité par l'observation de la spongille fluviatile, que j'affirme être un véritable végétal doué d'une composition chimique analogue à celle des animaux. Les innombrables cellules qui entrent dans la composition de cet être singulier, sont tapissées par une membrane mince et diaphane; leur intérieur contient une substance caséiforme; cette même membrane diaphane revêt toute la surface de la spongille. Souvent il se forme des boursouflures remplies d'eau sur cette membrane superficielle, et ordinairement ces boursouflures finissent par se percer à leur sommet; alors il s'établit par l'ouverture un courant d'eau continu du dedans au-dehors, et qui entraîne de temps en temps avec lui de petites portions de la substance caséiforme intérieure dont j'ai parlé tout à l'heure. Ce courant

d'eau très-uniforme, et qui n'éprouve aucune interruption, me paraît être le résultat de l'afflux vers l'ouverture de tout le fluide intérieur qui tend à être chassé par exhalation; trouvant une issue libre par la perforation accidentelle de la membrane extérieure qu'il avait d'abord soulevée, le liquide, chassé vers le dehors, et destiné à filtrer péniblement au travers de la membrane enveloppante, se précipite vers cette ouverture, qui lui livre un passage facile.

Ce n'est point par des orifices vasculaires, particulièrement destinés à cet usage, que se font l'absorption et l'exhalation chez les végétaux. Ce transport des liquides du dehors au-dedans et du dedans au-dehors s'opère par filtration au travers des parois des membranes organiques. Nous n'avons aucune idée de la disposition des pores qui transmettent les liquides dans cette circonstance, et l'on se tromperait beaucoup si l'on croyait pouvoir les apercevoir au microscope. La ténuité des molécules de l'eau est immense, et hors de toute proportion avec des pores que le microscope nous ferait apercevoir. C'est par des voies capillaires, dont la forme est inconnue, que les liquides sont transmis; mais, comme cela a été prouvé plus haut, ce n'est point en vertu de la *capillarité*, ou en vertu de l'*attraction capillaire* que se fait cette transmission, qui s'opère entièrement sous l'influence des courans électriques. Ainsi, c'est spécialement à l'agent électrique que sont dus les mouvemens divers de la sève; les autres causes qui peuvent avoir de l'influence sur ces mouvemens sont purement acci-

dentelles ou accessoires. Telles sont la *capillarité*, qui agit dans toutes les circonstances que j'ai indiquées plus haut, la *pesanteur*, qui influe probablement un peu sur la sève descendante, et enfin l'influence de l'*agitation par le vent*. M. Knight a expérimenté qu'en rendant tout à fait immobile une partie de la tige d'un jeune arbre, au moyen d'un étai solide, cette partie immobile prenait moins d'accroissement en grosseur que la partie libre de cette même tige qui pouvait être agitée par le vent. M. Knight a conclu de cette expérience, que l'agitation des végétaux par le vent est une des causes de la progression de la sève. Effectivement, on conçoit que les mouvemens de flexion des parties du végétal doivent occasionner des compressions locales, lesquelles ne peuvent manquer d'accélérer la progression des liquides contenus dans ces parties. On sait combien les mouvemens de locomotion des animaux ont d'influence sur la rapidité de la progression de leurs liquides intérieurs; les végétaux, qui ont peu de mouvemens spontanés, trouvent un supplément à ce qui leur manque à cet égard, dans l'agitation de leurs parties mobiles par le vent. C'est, en quelque sorte, leur manière de *prendre de l'exercice*.

Un certain degré d'élévation dans la température est nécessaire pour que la progression de la sève ait lieu : c'est pour cela que la végétation s'arrête pendant l'hiver et recommence au printemps. Or, nous trouvons une explication complète de ce phénomène dans les expériences rapportées plus haut,

et qui nous ont prouvé que l'intensité de l'endosmose est augmentée par l'élévation de la température et diminuée par l'abaissement de cette même température. Comme c'est à l'endosmose qu'est due l'introduction et la progression de la sève, on conçoit comment le froid, en suspendant ou en diminuant considérablement cette action vitale, suspend le cours des fluides, et par conséquent la végétation. Au reste, il existe de grandes différences entre certains végétaux, sous le point de vue de la température qui convient à chacun d'eux; les uns ne se plaisent que dans les zônes glacées, les autres ne peuvent vivre que dans les climats brûlans. Toutes ces différences, on n'en peut douter, tiennent à certaines qualités physiques qui les rendent propres à produire des courans électriques sous une température déterminée, et dont le degré est différent selon la différence de ces mêmes qualités physiques, dont la détermination ne doit pas être très-difficile.

L'existence démontrée de courans électriques dans les vésicules remplies d'une substance plus dense que l'eau qui les environne, nous donne une explication très-satisfaisante des mouvemens spontanés qu'exécutent quelquefois ces vésicules que, jusqu'à ce jour, les observateurs n'ont point hésité à prendre pour des animaux. Ces vésicules, opérant à la fois l'introduction de l'eau environnante et l'expulsion du liquide qu'elles contiennent, doivent, par l'effet de cette dernière action, agir sur l'eau dans laquelle elles nagent, comme une fusée agit sur l'air, c'est-à-dire qu'elles

doivent se mouvoir dans une direction opposée à celle du courant d'eau qui sort de leur cavité. Cet effet ne doit avoir lieu que lorsque le courant du liquide expulsé est assez énergique pour opérer par réaction le déplacement de la vésicule : dans le cas contraire, cette dernière doit rester immobile. Ceci nous donne la solution d'un problème de physiologie qui, dans ces derniers temps, a beaucoup occupé les naturalistes : je veux parler des célèbres *zoocarpées* de M. Bory de Saint-Vincent. J'ai eu occasion de les observer, ces zoocarpées ; j'ai vu leurs mouvemens spontanés toujours de peu de durée ; j'ai vu même, dans certaines circonstances, les globules de la *matière verte de Priestley* se mouvoir spontanément, mais s'arrêter bientôt ; je n'ai vu, dans tout cela, que des vésicules qui sont mues par des courans électriques : ce ne sont certainement point des animaux qui se meuvent volontairement. J'en dirai autant de tous ces prétendus *animalcules infusoires* qui sont simplement globuleux ou ellipsoïdes, et chez lesquels on n'aperçoit aucune de ces parties qui constituent incontestablement l'animal. Tels sont, par exemple, ces prétendus animalcules qui constituent, par leur agglomération, ces pellicules qui se forment à la surface de l'eau dans laquelle des substances animales ou végétales sont en macération : ce sont des vésicules tantôt en mouvement, tantôt constamment immobiles, et cela selon le degré de la température, ou selon d'autres circonstances qu'il n'est point dans mon plan d'exposer ici. Dernièrement, M. Edwards, en examinant

au microscope des cellules détachées mécaniquement d'une partie végétale et plongées dans l'eau, vit ces cellules se mouvoir spontanément, et crut pouvoir en conclure que, dans cette circonstance, des parties végétales prenaient de l'animalité. Ce phénomène, comme les précédens, dépend entièrement des courans électriques qui existaient dans ces vésicules. Ainsi disparaissent des merveilles imaginaires devant le flambeau de l'observation; la nature possède assez de merveilles réelles pour nous consoler de cette perte. Mais n'est-ce pas gagner que de perdre des erreurs?

Il résulte de tout ce qui vient d'être exposé, que la *vie de nutrition* des végétaux consiste toute entière dans l'endosmose et dans l'exosmose; et comme ces actions physico-organiques reconnaissent pour cause l'agent électrique, il en résulte, en dernière analyse, que cet agent est le principe de la *vie de nutrition* des végétaux. Probablement est-il aussi le principe de leur *vie de relation;* mais ceci doit attendre la confirmation de l'expérience.

Je viens de parler de l'existence d'une *vie de relation* chez les végétaux; et cette assertion, qui a droit de surprendre, demande une explication que je ne puis me dispenser de donner ici, quoique cela soit étranger au sujet principal dont je m'occupe dans ce travail.

Tous les physiologistes savent que Bichat a divisé les fonctions de la vie en deux classes : la première, sous le nom de *vie animale*, comprend les sensations

et les actions volontaires : cette vie animale est tout entière sous la dépendance du cerveau ; la seconde classe de fonctions, sous le nom de *vie organique*, comprend toutes les actions spontanées par lesquelles la vie se soutient, par lesquelles la machine vivante s'entretient et se répare. On a donné aux fonctions de la vie animale le nom de *fonctions de relation*, et aux fonctions de la vie organique celui de *fonctions de nutrition*. D'après les idées admises à cet égard, les animaux seuls possèdent les fonctions de relation ; les végétaux sont bornés aux fonctions de nutrition. Ces idées, quoique lumineuses, ne sont cependant pas tout à fait justes. En effet, les végétaux ont bien certainement des fonctions qui les mettent en relation avec certaines choses qui leur sont extérieures. Par exemple, ils dirigent quelques-unes de leurs parties vers la lumière, et cette direction spéciale a lieu en vertu d'un mouvement spontané. La sensitive a des relations assez nombreuses avec les choses du dehors, puisqu'elle se meut spontanément à l'occasion des variations de la température, à l'occasion des chocs, etc. Les végétaux ont donc des fonctions de relation distinctes de leurs fonctions de nutrition. Ces fonctions de relation ne se rapportant point chez eux à un centre nerveux, ou à un *sensorium central*, ils n'ont ni sensations ni volonté. Leurs mouvemens, quoique *spontanés*, c'est-à-dire dépendans immédiatement d'une cause intérieure et vitale, sont nécessairement exécutés à l'occasion de l'influence de la cause extérieure qui a le pouvoir de les provo-

quer. En cela, leurs mouvemens spontanés ressemblent tout à fait aux mouvemens également spontanés qu'exécutent quelques-unes des parties intérieures des animaux, à l'occasion de leur relation avec certaines choses qui leur sont extérieures. Ainsi le cœur se contracte sur le sang, la vessie sur l'urine, les intestins sur les matières qu'ils contiennent, l'utérus sur le produit de la conception sans aucune participation de la volonté, sans aucune intervention du cerveau, centre et régulateur des fonctions de relation. Ces actions cependant sont fondées sur des relations de l'organisme avec des choses extérieures. Elles doivent donc aussi faire partie des fonctions de relation, et l'on en doit dire autant des actions spontanées des végétaux. Ceci nous indique la nécessité de faire une légère modification à la classification des fonctions adoptées par Bichat. Les fonctions de relation sont de deux ordres : 1° celles qui reconnaissent le cerveau, ou le sensorium central comme centre et comme régulateur; 2° celles qui sont indépendantes d'un sensorium central. Les animaux possèdent ces deux ordres de fonctions de relation; les végétaux ne possèdent que le second. Les fonctions de nutrition appartiennent également aux végétaux et aux animaux; les fonctions de génération sont également l'apanage de tous les êtres vivans. Le tableau suivant offre la classification des fonctions de tous les êtres vivans, d'après les principes que je viens d'exposer.

Classification des fonctions dans les deux règnes végétal et animal.

- Fonctions de relation sensoriale.
  - Sensations.
  - Mouvemens volontaires.
  - Action du cerveau.
  - Transmission de l'influence excitatrice, par le moyen des nerfs; elle est involontaire pour déterminer des sensations, et volontaire pour déterminer les mouvemens musculaires.
- Fonctions de relation non sensoriale.
  - Mouvemens spontanés et involontaires des organes, à l'occasion de l'influence de certaines choses du dehors.
  - Transmission involontaire de l'influence excitatrice, par le moyen des nerfs, chez les animaux, et par l'intermède des tubes lymphatiques, chez la sensitive.

Fonctions de nutrition.

- Absorption et exhalation.
- Sécrétions.
- Nutrition, ou composition et décomposition des organes.
- Progression des fluides dans leurs canaux.
  - Circulation chez les animaux.
  - Ascension et descente de la sève chez les végétaux.
- Elaboration des substances alimentaires.
  - Digestion et chilification chez les animaux.
  - Production de la sève élaborée chez les végétaux.
- Vivification ou entretien du mouvement vital, par les deux causes les plus générales de la production de la chaleur.
  - Par l'oxigénation respiratoire chez les animaux.
  - Par l'insolation, ou par l'influence de la lumière chez les végétaux.

- Fonctions de génération.
  - Génération sexuelle.
  - Génération gemmipare.
  - Appartiennent toutes les deux aux animaux et aux plantes.

SECTION II.

Application des observations précédentes à la statique vitale des animaux.

Les faits qui nous ont dévoilé l'existence de l'endosmose et de l'exosmose, nous ont prouvé que ces actions physico-organiques appartiennent également aux végétaux et aux animaux. Nous avons vu que c'est par elles que s'opère la progression des liquides dans les cavités capillaires des végétaux; elles doivent, par conséquent, présider aussi à la progression des liquides dans les cavités capillaires des animaux. Mais chez ces derniers, la progression des fluides ne dépend pas d'une cause unique, comme cela a lieu dans le règne végétal. Chez les animaux à circulation, les fluides ne marchent dans des cavités capillaires que pendant une partie du trajet qu'ils parcourent dans l'organisme. Tant que le sang est dans les artères, il se meut spécialement par l'impulsion que lui communique la contraction du cœur; mais arrivé dans les vaisseaux capillaires, le sang obéit à une force nouvelle, force à laquelle est spécialement due la circulation veineuse. Chez les animaux dépourvus de circulation, les fluides marchent exclusivement par des voies capillaires. C'est ainsi, par exemple, que s'opère la diffusion du fluide nourricier chez les

nsectes. Chez eux la marche des fluides ne paraît point avoir d'autre cause que celle à laquelle est due la progression de la sève chez les végétaux. Pour nous en assurer, recherchons si les conditions fondamentales de l'endosmose existent chez les animaux comme elles existent chez les végétaux. Nous avons vu que ces conditions fondamentales sont, d'une part, la structure vésiculaire, et, d'une autre part, l'existence dans les vésicules d'un fluide organique dense. J'ai fait voir, dans un précédent ouvrage (1), que les végétaux sont composés de vésicules agglomérés. Ces vésicules ou cellules, tantôt arrondies, tantôt polyèdres, forment alors ce que l'on appelle le *tissu cellulaire*. Lorsqu'elles sont plus ou moins alongées, et surtout lorsque leurs cloisons terminales ayant disparu elles communiquent entre elles, elles forment des *tubes*. Or, l'observation microscopique apprend que tous les organes des animaux sont aussi composés de vésicules agglomérées; mais ces vésicules sont ordinairement bien plus petites que ne le sont celles des végétaux, lesquelles sont quelquefois apercevables à l'œil nu. C'est spécialement chez les mollusques que cette structure vésiculaire est facile à voir, parce que leurs vésicules sont plus grandes que ne le sont celles des animaux vertébrés. Avec un bon microscope, on peut même voir, dans certains organes des mollusques, que les parois de leurs vésicules sont

(1) *Recherches sur la structure intime des animaux et des végétaux.*

formées par une aggrégation de vésicules plus petites (1). Toutes ces vésicules sont remplies par des substances organiques. Ainsi, les conditions fondamentales de l'endosmose existent chez les animaux. Ici je dois m'arrêter un instant pour jeter un coup-d'œil sur la distinction générale que l'on fait des parties constituantes des êtres vivans, en *solides* et en *liquides* : distinction qui me paraît peu philosophique. Revenons ici, pour un instant, aux végétaux. La meilleure distinction générale que l'on puisse faire de leurs parties constituantes, est celle des *parties contenantes* et des *parties contenues*. Les *parties contenantes* sont les organes vésiculaires ou tubulaires; les *parties contenues* sont les substances que contiennent ces organes creux, substances tantôt liquides, tantôt pâteuses, tantôt très-solides. Il est évident que ce ne sont point ces *substances contenues* qui, lorsqu'elles sont solides, forment les véritables *solides organiques* chez les végétaux. On ne doit donner ce nom qu'aux parois des vésicules ou des tubes, c'est-à-dire aux *parties contenantes*. Or,

(1) Si l'on est curieux de s'assurer, d'une manière très-positive, de l'existence de ces vésicules, il faut prendre un fragment de cet organe, qui, semblable à un filet blanchâtre, enveloppe l'estomac de l'*helix pomatia*, et qui est la glande salivaire de ce mollusque. On met ce fragment de glande dans un cristal de montre, avec de l'eau chargée d'une petite quantité d'hydrate de potasse, et on le place sous le microscope. A mesure que l'alkali dissout les parois extrêmement minces des vésicules, on les voit crever, et s'évanouir comme des bulles de savon.

il en est de même chez les animaux. Toutes leurs parties sont composées de vésicules agglomérées, lesquelles contiennent des substances tantôt liquides, tantôt pâteuses, tantôt solides. Ainsi, le tissu osseux, vu au microscope, paraît, comme toutes les autres parties, composé de globules agglomérées; ce sont des vésicules remplies de phosphate de chaux, comme le cerveau est composé de vésicules remplies de substance nerveuse, comme les organes sécréteurs sont composés de vésicules remplies par le fluide sécrété, etc. Ainsi, ce que l'on appelle ordinairement un *solide organique* chez les animaux, est un agrégat de vésicules remplies par des substances plus ou moins denses. Mais ce ne sont pas ces substances qui, lorsqu'elles sont solides, méritent le nom de *solides organiques* : ce nom doit appartenir par excellence aux parois des vésicules. Ces parois étant elles-mêmes composées de vésicules plus petites, il en résulte qu'on ignore où s'arrête cette texture vésiculaire, et où se trouve le *solide essentiel et primitif*, celui qui serait composé de molécules solides agglomérées, et non de vésicules. Probablement que ce solide n'existe que dans les molécules constituantes, et que le composé d'oxigène, d'hydrogène et de carbone, auquel s'adjoint souvent l'azote, composé qui forme essentiellement les parties organiques, est, par sa nature, essentiellement vésiculaire jusque dans ses molécules intégrantes.

Entre les vésicules qui composent le tissu organique des animaux, rampent les vaisseaux sanguins, chez

les animaux à circulation ; ces vésicules sont appliquées sur les parois des vaisseaux ; et il est certain que la cavité des vésicules ne communique point immédiatement avec la cavité des vaisseaux, puisque le même fluide n'existe point dans leurs cavités. Ce fait est très-facile à vérifier, en examinant au microscope le tissu d'un organe sécréteur chez un mollusque gastéropode, celui du foie par exemple. On voit toutes les vésicules de cet organe remplies par la bile, que l'on distingue à sa couleur, tandis que les vaisseaux sanguins qui côtoient ces vésicules n'ont que la diaphanéité que leur donne l'état incolore du sang qui les remplit. Ainsi, les vaisseaux sanguins n'existent que comme des moyens d'irrigation pour les vésicules qu'ils côtoient ; et ce ne peut être que par filtration que le fluide sanguin pénètre, en se modifiant jusque dans ces vésicules élémentaires. Le système sanguin, considéré dans son entier, forme une cavité sans issue dans laquelle rien ne peut entrer, et de laquelle rien ne peut sortir autrement que par filtration. Les extrémités artérielles et les radicelles veineuses sont des fables physiologiques. La continuité exacte des artères et des veines est très-visible au microscope, chez les très-jeunes salamandres. En général, chez les reptiles, la division en ramuscules du système sanguin est moins considérable qu'elle ne l'est chez les mammifères et chez les oiseaux ; mais c'est à cela seul que se réduit la différence qui existe à cet égard entre ces animaux : chez les uns comme chez les autres, le système sanguin forme une cavité sans is-

ssue, mais plus ou moins divisée en ramifications. Ce sont les ramifications qui opèrent l'*irrigation* des organes, et qui portent ainsi à leurs vésicules élémentaires les nouveaux matériaux organiques qu'elles leur transmettent par filtration, et cela en vertu de l'endosmose, comme nous allons le prouver tout à l'heure. Nous venons de voir que les conditions fondamentales de l'endosmose existent chez les animaux; actuellement nous allons voir que cette action physico-organique existe effectivement chez eux.

Tout le monde connaît l'état morbide que l'on désigne sous le nom d'*inflammation*. On sait que, dans cet état, les parties molles deviennent *turgides*, et qu'elles attirent avec abondance les fluides dans leur intérieur. Les liquides organiques qui environnent une partie *enflammée* sont soumis à un mouvement d'*adfluxion* qui les porte vers cette partie, dans laquelle se trouve la cause inconnue qui les attire, ou qui les *appele*, comme l'ont dit quelques physiologistes modernes dans leur langage improprement figuré. Ici, il est impossible de méconnaître l'endosmose, qui se manifeste à la fois par l'existence de l'*état turgide* et par le mouvement d'*adfluxion*, double effet qu'il n'appartient qu'à l'endosmose de produire. Les artères qui se rendent à une partie enflammée augmentent de calibre pour y conduire le sang que l'*adfluxion* dirige en abondance de ce côté; les veines qui viennent de cette même partie enflammée se dilatent sous l'impulsion du sang, que cette partie leur envoie en plus grande abondance et avec

plus de force qu'à l'ordinaire. Ainsi, la partie enflammée est à la fois *but d'adfluxion* et *origine d'impulsion* pour le sang. Nous avons vu plus haut que tels sont exactement les effets de l'endosmose chez les végétaux. Il ne peut donc exister de doutes à cet égard; l'inflammation est un phénomène d'endosmose : or, ce phénomène, dont les effets sont si visibles dans l'état morbide, existe de même dans l'état normal, mais avec un degré d'intensité moindre. Le sang des artères *est attiré* dans leurs ramifications capillaires, et c'est à cette adfluxion qu'est due la vacuité des artères après la mort, lorsque l'impulsion du cœur a cessé. Le sang des veines reçoit dans les ramifications capillaires une impulsion dont, jusqu'à ce jour, les physiologistes ont vainement cherché la cause; cette cause est évidemment dans l'adfluxion des liquides qui chassent, en les remplaçant, les liqnides précédemment existans dans les cavités capillaires : c'est ainsi que s'opère la progression de la sève par impulsion, et c'est de même que s'opère la progression du sang veineux. Au reste, diverses causes accessoires peuvent favoriser et favorisent en effet le mouvement du sang dans les veines. Lorsqu'il n'y a point de ramifications capillaires entre une artère et une veine, l'impulsion du cœur suffit pour imprimer le mouvement au sang artériel et au sang veineux. C'est ainsi, par exemple, que cela a lieu chez les salamandres nouvellement écloses : on voit en effet chez elles un seul vaisseau sanguin, qui, parvenu à l'extrémité de la queue, se réfléchit pour revenir vers le cœur, en

sorte qu'il ne présente aucune distinction en artère et en veine. On ne peut douter que l'impulsion du cœur ne se fasse sentir ici dans tout le trajet circulatoire. Il paraît que c'est pour avoir spécialement étudié la circulation chez les reptiles, que Spallanzani a été conduit à émettre l'opinion que c'est l'impulsion du cœur qui est la cause du mouvement du sang veineux : cela n'est vrai que pour les artères, qui, sans se ramifier beaucoup, se changent immédiatement en veines; mais lorsque les artères se divisent en d'innombrables ramifications capillaires avant de se changer en veines, l'impulsion du cœur devient de plus en plus insensible, et le sang marche sous l'influence d'une force nouvelle. On admet généralement que la contraction des petits vaisseaux est une des causes de la marche du sang dans les capillaires; mais il faudrait alors admettre dans ces vaisseaux capillaires une *diastole* et une *systole* semblables à celles du cœur. Ceci est purement hypothétique. J'ai beaucoup observé la circulation capillaire au microscope, et jamais je n'ai pu apercevoir le moindre mouvement de contraction ou de dilatation dans les parois des vaisseaux capillaires. Il est certain, cependant, que les vaisseaux sanguins ont une action d'*élasticité* par laquelle ils réagissent sur le sang qui les distend; mais il n'est point certain du tout que ce resserrement des vaisseaux soit dû à une *contraction*, c'est-à-dire à une *incurvation* de fibres. Dans ces derniers temps, M. Barry, médecin écossais, a cru pouvoir expliquer la progression du sang veineux par la pression de l'at-

mosphère et par les mouvemens de la respiration ; mais cette cause de progression ne peut être qu'une cause accessoire propre seulement aux mammifères et aux oiseaux, qui seuls respirent en formant un vide dans leur poitrine. Ainsi, la circulation du sang est un phénomène complexe dû au concours de plusieurs causes très-différentes, mais à la tête desquelles se trouvent d'une part la contraction du cœur, et d'une autre part l'endosmose des capillaires, endosmose qui agit à la fois comme cause d'adfluxion et comme cause d'impulsion.

Ce que je viens de dire par rapport au mouvement du sang veineux, s'applique également au mouvement des fluides que contiennent les vaisseaux chilifères et lymphatiques; mais, ici, il y a quelque chose de plus. On sait que ces vaisseaux sont interrompus de distance en distance, dans leur cours, par des ganglions ou glandes lymphatiques, corps au travers du tissu desquels sont obligés de passer les fluides contenus dans les vaisseaux qui aboutissent à ces ganglions : ces corps semblent, au premier coup-d'œil, être des obstacles au cours du fluide ; mais, en y réfléchissant un peu, on voit qu'ils sont placés là par la nature pour favoriser au contraire la marche du fluide lymphatique. En effet, les ganglions lymphatiques ont un tissu capillaire, dont l'endosmose doit opérer l'adfluxion du fluide contenu dans les *vaisseaux afférens :* cette même endosmose opère l'expulsion des fluides précédemment introduits, et il en résulte une impulsion *à tergo* pour les fluides contenus dans les

vaisseaux efférens. Ainsi, loin d'être des obstacles au mouvement du fluide, les ganglions lymphatiques sont, au contraire, pour ce fluide, des organes d'adfluxion et d'impulsion : placés de distance en distance sur le trajet des vaisseaux lymphatiques, ils sont, pour les fluides que contiennent ces vaisseaux, des organes moteurs. Ces ganglions remplissent ici le même office que les *nœuds* de tissu cellulaire qui existent de distance en distance chez les graminées, et sur lesquels nous avons jeté un coup-d'œil plus haut ; car tout tissu capillaire vivant est nécessairement et à la fois, par l'effet de son endosmose, cause d'adfluxion et cause d'impulsion pour les fluides.

Ainsi, l'endosmose existe dans l'état sain ou normal chez les organes des animaux, par conséquent l'inflammation se trouve être l'exagération de cette action physico-organique; c'est une *hypérendosmose.* On en doit dire autant de la turgescence érectile, hypérendosmose compatible avec l'état sain de la partie dans laquelle elle existe, et qui diffère essentiellement par-là de l'*inflammation* ou de l'*hypérendosmose morbide*, dont la cause occasionnelle est aussi bien différente. L'hypérendosmose érectile ne reconnaît qu'une seule cause occasionnelle, c'est l'influence nerveuse; l'hypérendosmose morbide dépend de plusieurs causes occasionnelles sur lesquelles il sera utile de jeter ici un coup-d'œil.

Une des causes les plus connues de l'inflammation, ou de l'hypérendosmose morbide, est l'introduction dans les tissus organiques d'un corps étran-

ger. Ceci nous reporte d'une manière singulièrement frappante à l'une des causes déterminantes de l'endosmose, et qui existe en ceci, *que la présence dans les cavités organiques d'une substance plus dense que le fluide qui les environne, est pour ces cavités une cause déterminante d'endosmose.* Ceci nous explique pourquoi les corps étrangers, *plus dense que le sang,* produisent l'hypérendosmose, ou l'inflammation des parties dans l'intérieur desquelles ils sont introduits, et pourquoi cette hypérendosmose ne cesse qu'après la sortie de ces substances étrangères. Je suppose ici que ces substances sont dépourvues de toute action chimique sur les organes, et n'agissent que par leur simple contact; car, dans le cas d'une action chimique de leur part, ce serait une complication de phénomènes. Toutes les fois donc que les substances introduites dans le tissu des organes n'ont point d'action chimique sur eux, et ont une densité inférieure à celle du sang, elles ne produisent point d'inflammation; c'est ainsi qu'on peut impunément introduire dans l'organisme certains liquides et plusieurs gaz. Nous avons vu plus haut, que l'endosmose perd d'autant plus de son énergie, que le liquide intérieur est rendu moins dense par l'addition de l'eau pure. Or, on sait que l'introduction de l'eau dans l'organisme est un des moyens les plus efficaces pour faire cesser l'inflammation. C'est à ce moyen que se rapportent les cataplasmes aqueux dont on couvre les parties enflammées, les bains et les boissons aqueuses abondantes dont on fait usage

en pareil cas. L'introduction de l'eau en abondance a, dans cette circonstance, le double effet de diminuer la densité des liquides producteurs de l'hyperendosmose, et de remplacer ces liquides qu'elle expulse par son introduction continuelle. Pour bien saisir ce mécanisme, qui est en même temps celui de la nutrition et celui de la guérison de l'hypérendosmose, il est nécessaire de se reporter aux notions qui ont été exposées plus haut touchant la composition des solides organiques, et touchant les lois de l'endosmose et de l'exosmose. Les solides organiques mous sont des agrégats de vésicules remplies ordinairement par une substance pâteuse plus dense que ne l'est le sang qui baigne leurs parois extérieures, ou qui n'est séparé de ces vésicules que par les parois extrêmement minces des vaisseux capillaires. Il résulte de cette disposition, que le fluide sanguin doit tendre continuellement à s'introduire dans les vésicules, lesquelles deviennent alors siéges de deux courans électriques, l'un dominateur, qui produit l'endosmose, l'autre plus faible, et qui produit l'exosmose. Par l'effet du premier, les parties constituantes du sang sont introduites avec violence dans les vésicules; par l'effet du second, ces mêmes vésicules expulsent, et versent dans le courant sanguin une partie du liquide qu'elles contiennent. Cette expulsion qu'opère l'exosmose, est favorisée et augmentée par la pression que produit l'introduction violente du liquide extérieur dans les vésicules déjà pleines avec excès : c'est ainsi que doit s'établir l'équilibre entre l'introduction et l'expulsion,

malgré la différence qui existe dans l'énergie des deux courans électriques auxquels sont dus l'endosmose et l'exosmose. L'introduction de nouvelles substances dans les vésicules élémentaires, constitue le phénomène de *composition;* l'expulsion des substances que contiennent ces vésicules constitue le phénomène de *décomposition;* l'ensemble de ces deux phénomènes, en y joignant celui de la production des nouvelles vésicules, constitue la fonction de nutrition, laquelle existe avec le même mécanisme chez les végétaux, ainsi que nous l'avons vu plus haut. Or, c'est à l'action sans cesse continuée de ce mécanisme qu'est due la guérison de l'*inflammation* ou de l'*hypérendosmose morbide.* Cette affection ne peut se développer spontanément, que parce que les substances contenues dans les vésicules qui composent les solides organiques ont acquis accidentellement ou une densité trop considérable, ou des qualités chimiques inaccoutumées, et propres à déterminer une augmentation de leur endosmose naturelle. Dès lors le sang, qui est pour ces vésicules le *fluide extérieur,* se trouve déterminé à pénétrer dans leur intérieur en plus grande abondance que dans l'état naturel; il les gonfle, et augmente considérablement leur état turgide. Une violente tendance d'*adfluxion* se manifeste par le fait même de la violence de l'endosmose; une forte impulsion pour le sang veineux résulte de la même cause. Cependant les vésicules, siéges d'un double courant d'introduction et d'expulsion, tendent par cela même à renouveler entièrement leur substance

intérieure. L'époque de ce renouvellement est celle de la cessation complète de l'hypérendosmose morbide, si cette affection est déterminée par une altération dans la composition chimique de la substance intérieure des vésicules : mais si cette affection reconnaît simplement pour cause une augmentation de la densité de la substance intérieure, elle cessera lorsqu'il se sera introduit dans ces vésicules une quantité de fluide aqueux suffisante pour diminuer convenablement cette densité de leur substance intérieure. Ainsi, la *force médicatrice* n'est autre chose que le jeu naturel et continuel du double mouvement d'endosmose et d'exosmose qui constitue une partie essentielle du phénomène de la nutrition.

Il résulte de cette théorie, qui est une déduction rigoureuse des faits observés, que l'inflammation ou l'hypérendosmose morbide dépend essentiellement de l'altération des substances contenues dans les vésicules élémentaires. Ces vésicules elles-mêmes peuvent, dans cet état morbide, avoir conservé leur intégrité. Ainsi la vésicule ou la *partie contenante*, qui est le véritable solide organique, est nécessairement étrangère à l'inflammation. Ce n'est point cette vésicule qui est altérée, c'est la *substance contenue* dans son intérieur, substance plus ou moins fluide. C'est donc véritablement l'altération des fluides qui constitue les maladies par hypérendosmose; aussi est-ce par les fluides que les maladies contagieuses se communiquent. Un virus introduit dans l'économie fait éprouver aux fluides une altération semblable à celle qu'il possède

lui-même, et cette altération se propage de plus en plus, jusqu'à produire une altération générale des fluides.

Toutes les substances du dehors qui sont susceptibles de provoquer l'hypérendosmose agissent, comme les virus, par leur introduction et par leur mélange, avec les liquides organiques que ce mélange altère. Il est impossible de concevoir qu'une substance puisse enflammer un tissu vivant sans y être introduite. Si un agent impondérable tel que le calorique produit l'inflammation, c'est par l'altération qu'il apporte dans la nature des *substances contenues* dans les vésicules des tissus organiques soumis à son action; enfin, s'il existe des inflammations spontanées, et sans cause extérieure connue, cela provient d'un changement survenu dans la nature des *substances contenues*, par l'effet d'une cause intérieure. Autant il pourra exister de changemens ou de *modifications spécifiques* dans la nature des *substances contenues*, autant il y aura de causes *spéciales* ou *spécifiques* d'hypérendosmose; de là ces inflammations si variées dans leur nature; car ce n'est pas seulement par la différence des tissus qu'elles affectent que les inflammations diffèrent entre elles. C'est ainsi que l'inflammation des ganglions lymphatiques par le virus syphilitique n'est point semblable à l'inflammation de ces mêmes ganglions par le vice scrophuleux; c'est ainsi que l'inflammation d'un ulcère cancéreux ne ressemble point à l'inflammation d'un autre ulcère dont le siége serait semblable. Il y a dans les parties affectées d'une *inflammation spécifique*, des fluides altérés d'une

manière spécifique; et il arrive souvent que ces fluides, transmis à un individu sain, déterminent chez lui une inflammation de la même nature que celle de la partie malade de laquelle ils sont originaires; et cela, parce que le liquide morbifique introduit communique sa manière d'être aux liquides sains; car, je le répète, toute inflammation dérive nécessairement de l'altération des liquides.

Le mouvement d'adfluxion que produit l'hypérendosmose morbide ne se fait pas sentir seulement sur le sang contenu dans les vaisseaux. Une partie dont l'endosmose est augmentée se gonfle en absorbant les fluides contenus dans les tissus voisins. Ceux-ci, dépouillés d'une portion des fluides qui remplissaient leurs cavités, tendent, en vertu de leur endosmose, à se remplir de nouveau, et cela produit la déplétion des tissus organiques qui les avoisinent, du côté opposé à celui par lequel ils correspondent à la partie hypérendosmosée. Ainsi il s'établit de proche en proche une adfluxion qui porte les fluides vers la partie hypérendosmosée comme vers un centre. Si la partie hypérendosmosée possède un moyen d'évacuation au dehors pour les fluides affluens, l'adfluxion en devient plus énergique. Dans tous les cas, ce moyen d'évacuation existe toujours au dedans, par le moyen des vaisseaux sanguins. Aussi les veines de la partie hypérendosmosée prennent-elles très-promptement un volume bien plus considérable que celui qu'elles possédaient dans l'état normal. Elles servent alors de canal d'évacuation, non seulement pour le sang ap-

porté directement par les artères, mais aussi pour les fluides, qui sont transmis de proche en proche à la partie hypérendosmosée, par les parties voisines. Plus l'hypérendosmose est intense, plus l'adfluxion se propage, et fait sentir au loin son effet. C'est sur l'observation de cet effet qu'est fondée la pratique de la *dérivation*, si fréquemment et si avantageusement employée dans la médecine. Une partie essentielle à la vie est-elle devenue, par son hypérendosmose, un centre dangereux d'adfluxion, on suscite une hypérendosmose plus énergique, si cela est possible, dans une autre partie moins essentielle, et alors les routes de l'adflxion se trouvent changées; les fluides cessent de converger uniquement vers leur premier centre d'adfluxion; ils convergent vers le centre artificiel d'adfluxion que l'on a créé. C'est ainsi qu'agissent les vésicatoires; c'est aussi de cette manière qu'agissent quelquefois les purgatifs. Les sangsues, les ventouses agissent aussi en déterminant une adfluxion dans la partie sur laquelle on les applique; et cela, parce que le vide qu'elles produisent tend sans cesse à être rempli par l'endosmose des parties évacuées. Si un venin tel que celui de la vipère a été introduit dans une partie, et qu'il ait déjà tendu à se propager de proche en proche, en arrête ce mouvement de propagation en appliquant une ventouse sur la partie par laquelle l'introduction du venin a été faite. Alors la direction du mouvement de propagation des fluides de proche en proche se trouve intervertie; l'adfluxion, dirigée vers l'extérieur par la ventouse, fait rétrogra-

ler les fluides infectés, et leur propagation se trouve ainsi arrêtée. C'est de cette manière qu'il faut, à mon avis, expliquer les bons effets que produit la ventouse dans cette circonstance, bons effets dont on doit la découverte, comme on sait, au docteur Barry. Ainsi l'adfluxion peut être déterminée de deux manières : 1° par l'hypérendosmose, qui, par l'adfluxion qu'elle occasionne dans la partie où elle existe, détermine la marche générale des fluides vers cette partie; 2° par un vide opéré dans le tissu organique au moyen d'une succion artificielle. Alors le tissu organique, vidé en partie par cette succion extérieure, attire les fluides des parties voisines, en vertu de son endosmose naturelle; et cet effet, propagé de proche en proche, produit une adfluxion dont l'effet se fait sentir plus ou moins loin dans l'organisme.

Les moyens de combattre l'inflammation ou l'hypérendosmose morbide, sont connus seulement d'une manière empirique, et par conséquent d'une manière fort imparfaite. Ce ne peut être que par la connaissance physiologique de la nature de l'inflammation et de son mécanisme organique, que l'on peut arriver à une théorie rationnelle, et par conséquent certaine, des moyens de curation. Ce n'est ainsi véritablement que par la physiologie que l'on peut acquérir des connaissances positives en médecine; car, dans l'art de guérir, l'expérience est si souvent trompeuse, qu'on ne peut que fort rarement en tirer des conclusions sévères.

D'après la théorie que nous venons d'exposer,

les moyens de combattre et de guérir l'hypérendosmose morbide sont les suivans :

1° La soustraction de la substance dont la présence dans le tissu organique cause l'hypérendosmose. Ainsi, lorsqu'un corps étranger est la cause de l'inflammation, son extraction la fait cesser. Les sangsues, les ventouses scarifiées, appliquées immédiatement sur une partie hypérendosmosée, procurent l'évacuation des fluides altérés, dont la présence dans le tissu organique occasionnait son état morbide. Ce moyen de remédier à l'inflammation est un des plus puissans.

2° La saignée générale, ou l'évacuation des vaisseaux sanguins, remédie à l'hypérendosmose en diminuant l'afflux du sang artériel dans toutes les parties, et par conséquent dans la partie hypérendosmosée. Alors le vide opéré dans les gros vaisseaux se remplit au moyen de la déplétion générale des capillaires. Par conséquent, la partie hypérendosmosée perd alors une partie du sang qui abondait dans son tissu. Elle devient par conséquent moins turgide.

3°. Les sangsues ou les ventouses scarifiées, appliquées dans le voisinage de la partie hypérendosmosée, et non sur cette partie immédiatement, ont deux modes d'action pour remédier à l'hypérendosmose : 1° l'évacuation de sang qu'elles procurent opère la déplétion générale des vaisseaux; 2° leur succion opère une dérivation ou un changement dans la direction de l'adfluxion. Les fluides qui se dirigeaient vers la partie hypérendosmosée tendent, par l'effet de la suc-

cion artificielle qui attire le sang au dehors, à se diriger dans le sens de cette nouvelle adfluxion.

4° Une hypérendosmose énergique, suscitée dans une partie, tend à faire cesser ou à diminuer l'hypérendosmose qui existe dans une autre partie. Cet effet est le résultat du changement opéré alors dans la direction de l'adfluxion. Les fluides se dirigent vers la partie où existe l'hypérendosmose la plus énergique. C'est ainsi qu'agissent les vésicatoires. La dérivation opérée par ce moyen est d'autant plus efficace, que l'évacution qu'il produit est plus abondante; car l'évacuation continuée des fluides est, à elle seule, un excellent moyen d'opérer l'adfluxion, et par conséquent d'opérer la dérivation.

5° Nous avons vu plus haut que l'addition de l'eau, en diminuant la densité du *fluide intérieur*, ou en affaiblissant les effets de ses qualités chimiques, diminuait, par cela même, l'intensité de l'endosmose. Ceci nous explique pourquoi l'introduction de l'eau dans les tissus organiques est un si puissant moyen de combattre l'inflammation, ou l'hipérendosmose morbide, puisque ce dernier liquide n'est point apte, par ses qualités physiques et chimiques, à provoquer l'endosmose.

6° Il existe des inflammations ou des hyperendosmoses morbides, pour la curation desquelles les moyens indiqués ci-dessus n'ont que peu ou point d'efficacité. La théorie indique ici l'emploi d'un sixième moyen de curation. Nous savons que les fluides introduits par l'endosmose chassent, en les rem-

plaçant, les fluides précédemment existans dans les tissus organiques. Or, s'il existait dans ces tissus des fluides altérés, causes d'hypérendosmose, et dont aucun des moyens indiqués précédemment ne puisse opérer l'expulsion, on pourrait parvenir à ce but en introduisant, par l'absorption, dans les tissus organiques, des substances propres, par leurs qualités chimiques, à produire une hypérendosmose plus énergique que celle qui existerait déjà. Ces nouvelles substances, en augmentant l'activité de l'endosmose, procureraient l'expulsion de la cause antécédente d'hypérendosmose, cause qui pourrait être délétère par sa nature même, et contre laquelle la force d'expulsion naturelle serait impuissante. De cette manière, on substituerait une cause d'hypérendosmose dont la nature vivante pourrait se débarrasser facilement, à une autre cause d'hypérendosmose contre laquelle cette même nature vivante serait sans force. Or, ce que nous supposons ici théoriquement, a lieu tous les jours dans la pratique médicale, mais d'une manière tout à fait empirique; car c'est ainsi, à mon avis, que le mercure guérit la syphilis. L'introduction de cette substance métallique dans l'économie y produit une hypérendosmose qui procure l'expulsion complète du virus syphilitique : cause antécédente d'hypérendosmose, contre laquelle la nature vivante était impuissante. Après cette expulsion, la nature se débarrasse toute seule de la cause d'hypérendosmose médicamenteuse; il arrive cependant quelquefois que lorsqu'on a trop introduit de mercure dans l'économie, la

nature devient impuissante pour s'en débarrasser, et il en résulte des hypérendosmoses mercurielles permanentes. C'est par un mécanisme semblable que se guérit souvent l'hypérendosmose dissenterique, au moyen des purgatifs conseillés dans cette maladie par plusieurs médecins célèbres. Les substances purgatives sont des agens producteurs de l'endosmose. Leur action sur le canal alimentaire ne peut avoir lieu sans leur absorption, sans leur introduction dans le tissu organique de ce canal. Or, dans le cas qui nous occupe, l'introduction de cette nouvelle cause d'hypérendosmose procure l'expulsion de la cause d'hypérendosmose dissenterique : cause delétère dont la nature vivante se serait peut-être difficilement débarrassée toute seule. Il est inutile de faire observer que l'économie se débarrasse ensuite facilement, et à elle seule, de la cause d'endosmose introduite comme moyen de curation. C'est encore de cette manière qu'un vésicatoire appliqué sur un érysipèle, sur une dartre, en procure la guérison. La substance *irritante* des cantharides, introduite, par l'absorption, dans le tissu hypérendosmosé, procure l'expulsion des fluides altérés qui occasionnaient et entretenaient une hypérendosmose aiguë dangereuse, ou une hypérendosmose chronique opiniâtre. Il y a grande apparence que l'on pourrait souvent, dans le traitement des maladies, obtenir ainsi de bons effets, en substituant une cause d'hypérendosmose sans danger, à une cause d'hypérendosmose dangereuse.

7° L'intensité de l'hypérendosmose peut être di-

minuée par l'introduction dans l'économie de certaines causes d'*exosmose*. Nous avons vu plus haut que les acides sont, en général, des agens producteurs d'exosmose. C'est probablement cette qualité qui rend si utile, dans les inflammations, l'usage des acides légers en boisson, et qui les fait considérer comme *rafraîchissans*. La théorie nous indique que l'on doit, dans les inflammations, s'abstenir de toutes les substances propres à produire l'endosmose; rien, par conséquent, n'est moins convenable que ces boissons chargées de gomme, de substances extractives, ou de sucre, dont on abreuve ordinairement les malades, car toutes ces substances sont des agens producteurs d'endosmose, comme le sont les substances alimentaires, que l'instinct naturel repousse en pareil cas. Si les cataplasmes émolliens produisent un effet salutaire, par leur application sur les parties hypérendosmosées, cela provient ou de l'eau qu'ils livrent à l'absorption, ou de l'effet d'exosmose qu'ils déterminent, en vertu de leur densité considérable. Nous avons vu, en effet, plus haut, que l'exosmose a lieu lorsque le *fluide extérieur* est plus dense que le *fluide intérieur*. Or, un cataplasme de farine de graines de lin, par exemple, est véritablement un liquide d'une densité très-supérieure à celle des liquides animaux contenus dans la partie sur laquelle ce cataplasme est appliqué. Il doit, par conséquent, déterminer, à la surface de cette partie, un courant électrique qui porte les fluides du dedans au dehors, c'est-à-dire qu'il produit un effet d'exosmose, d'où résulte la dé-

plétion de la partie hypérendosmosée. De là provient ce soulagement très-marqué que procurent ces cataplasmes dans les hypérendosmoses. Cette théorie peut indiquer, dans certaines maladies, l'usage des bains faits avec des liquides plus denses que ne le sont nos liquides organiques; alors la peau doit *exhaler* abondamment au lieu d'*absorber*, comme elle le fait lors de l'immersion du corps dans l'eau pure, ou dans des liquides dont la densité est inférieure à celle de nos liquides intérieurs. Ces réflexions nous conduisent naturellement à nous occuper ici de l'*absorption* et de l'*exhalation*.

Nous avons vu que chez les végétaux l'absorption n'est point du tout le résultat de l'attraction capillaire, mais que cette introduction dés liquides du dehors au dedans dépend entièrement de l'endosmose; il en est de même chez les animaux.

On a, jusqu'à ce jour, considéré l'absorption et l'exhalation comme les résultats de l'action des orifices béans de certains vaisseaux *absorbans* et *exhalans*. M. Mageudie a porté la première atteinte à cette théorie, relativement à l'absorption, en prouvant, par des expériences, que l'introduction des liquides dans l'organisme s'opère, par une véritable filtration, au travers du tissu perméable des membranes. Mais ce physiologiste célèbre me paraît avoir poussé trop loin les déductions de ses expériences, lorsqu'il a cru pouvoir en conclure que l'absorption est le simple résultat de la capillarité. L'introduction des liquides s'opère, il est vrai, par des *voies capillaires*, mais ce

n'est pas l'*attraction capillaire* qui détermine cette introduction. J'ai prouvé cette vérité pour les végétaux, et son application aux animaux est directe. Les parties vivantes sont sous l'influence continuelle de l'électricité, qui entretient leur état d'*endosmose*, état de réplétion *avec excès*, qui fait que leurs cavités capillaires sont remplies par les liquides, au-delà du point de saturation de l'attraction capillaire. Ce n'est point, par conséquent, cette attraction qui opère une absorption subséquente. Comment se pourait-il, en effet, qu'un animal habitant de l'eau, qu'un polype, par exemple, animal pulpeux et sans vaisseaux, absorbât continuellement, en vertu de la seule attraction capillaire des petites cavités de son tissu? Cette attraction est bornée dans ses effets, ainsi que je l'ai déjà fait observer plus haut. Lorsque les cavités capillaires sont remplies, il n'y a plus d'introduction nouvelle, tout demeure en repos. Il n'en est pas de même de l'introduction ou de l'absorption, résultat de l'endosmose; elle est continuelle, parce qu'elle est accompagnée par une expulsion, ou par une *exhalation* égalcment continuelle, et qui est le résultat de l'exosmose. Ce sont donc véritablement ces deux actions vitales qui seules opèrent l'absorption et l'exhalation, et cela par simple filtration au travers d'un tissu organique perméable, et non, comme on l'avait supposé, par des orifices vasculaires particulièrement destinés à cet usage. Toutes les parties organiques qui, par leur position naturelle ou accidentelle, se trouvent en rapport avec des liquides qui leur sont

extérieurs, absorbent ces liquides, lorsqu'ils sont dans les conditions voulues pour cela, et les versent dans le système vasculaire, leur réceptacle naturel, chez les animaux pourvus de vaisseaux. L'observation prouve qu'il y a des *absorptions électives*. Ainsi, dans le canal alimentaire, le chile seul est absorbé; il n'y a point d'absorption des matières fécales qui sont cependant mêlées avec le chile, dans l'intestin grêle. Ce phénomène trouve son explication, de la manière la plus complète, dans l'expérience suivante, combinée avec les expériences déjà rapportées plus haut. J'ai fait un endosmomètre avec un cœcum de poulet, dans lequel j'ai laissé les matières fécales qu'il contenait, et auxquelles j'ai ajouté de l'eau, pour les délayer d'une manière suffisante. Ce liquide fécal s'élevait à une certaine hauteur dans le tube. Ayant plongé le cœcum dans l'eau, le liquide fécal n'a pas tardé à s'abaisser dans le tube, et cet abaissement n'a point discontinué pendant tout le temps de l'expérience. Ce fait m'a démontré que la matière fécale est un agent producteur d'exosmose. Alors j'ai évacué le cœcum; et l'ayant soigneusement lavé par des injections d'eau pure, j'y ai introduit du lait, fluide, comme on le sait, assez semblable au chile. Le cœcum étant plongé dans l'eau, le liquide intérieur a monté graduellement dans le tube : il y a eu production d'endosmose. Les expériences rapportées plus haut nous avaient déjà prouvé ce dernier fait, que je ne reproduis ici que pour le mettre en parallèle avec celui qui le précède. Il résulte de là que le chile et la ma-

tière fécale ont des qualités diamétralement opposées, sous le point de vue de la propriété de produire l'endosmose ou l'exosmose. Si done le ehile possède des qualités telles que le tissu organique soit déterminé à l'introduire ou à l'absorber, ee même tissu organique doit, par eela même, ne pas introduire, ne pas absorber la matière féeale. Ceei est un phénomène qui mérite toute l'attention des physiologistes et des médeeins. *Il y a des substances que l'absorption n'introduit point.* Il suffit qu'une substanee appliquée au dehors de l'éeonomie soit *plus dense* que les fluides intérieurs, ou qu'elle possède eertaines qualités ehimiques qui équivalent, pour eet objet, à l'exeès de densité, pour qu'elles ne soient point introduites, et eela paree qu'elles sont des agens produeteurs d'exosmose, doués d'une suffisante énergie. Ceei expliquerait peut-être pourquoi des médieamens aetifs donnés à hautes doses dans eertaines maladies, restent sans effet; ils ne sont point absorbés, ou plutôt ils le sont très-peu, et eela préeisément paree que leur dose est exagérée. Il est possible aussi que dans la maladie, l'éeonomie vivante soit plus voisine que dans la santé de eet état, qui est favorable à la manifestation de eette *tolérance pour les médicamens*, toléranee qui ne me paraît être que leur défaut d'absorption.

Une belle expérienee de M. Magendie a prouvé que, ehez les animaux, on augmente l'énergie et l'aetivité de l'absorption en désemplissant les vaisseaux sanguins. Mes expérienees sur les végétaux m'ont donné un résultat tout à fait semblable, et elles m'ont

prouvé en même temps qu'il ne fallait pas généraliser cette assertion. En effet, nous avons vu que la vacuité du tissu végétal, poussée jusqu'à un certain point, augmente l'activité de son absorption; mais nous avons appris ensuite que lorsque cette vacuité du tissu végétal est portée au-delà de certaines limites, elle diminue considérablement l'activité de l'absorption, bien loin de l'augmenter. Il est fort probable qu'il en est de même chez les animaux. Mais on ne peut guère, je crois, s'en assurer par l'expérience, à raison de ce que les animaux à circulation périssent tous par la seule perte du sang qui remplit leurs vaisseaux, sang qui n'est qu'une faible portion du liquide dont est imprégné le tissu de tous les organes.

La séparation du chile de la matière fécale à laquelle il est mêlé dans l'intestin, est une véritable *filtration chimique*. La membrane muqueuse intestinale, véritable *filtre chimique* dans cette circonstance, ne laisse passer que les substances pourvues de qualités chimiques déterminées. C'est donc une sorte de *sécrétion* qui s'opère dans ce cas; mais cette sécrétion n'est ici qu'une séparation de substances mêlées, semblable, sous ce point de vue, à la sécrétion de l'urée par les reins; car on sait, par les expériences de MM. Prevost et Dumas, que l'urée existe toute formée dans le sang des animaux. Mais toutes les sécrétions ne sont pas de même de simples séparations de substances mêlées; la plupart sont le résultat d'une séparation et d'une nouvelle association des élémens du fluide nourricier. Nous avons exposé plus haut, en

traitant de la statique vitale des végétaux, la théorie générale de la sécrétion; cette théorie est applicable aux animaux. En effet, les organes sécréteurs des animaux sont comme ceux des végétaux, des organes creux, au travers des parois desquels est introduit le fluide sécrété. Cette disposition est manifeste chez les insectes; elle ne l'est pas moins chez les mollusques, dont les organes sécréteurs sont composés par une agglomération de vésicules très-visibles au microscope, et entre lesquelles rampent les vaisseaux sanguins et les canaux excréteurs. Les parois de ces vésicules sont de véritables *filtres chimiques*, qui, sous l'influence d'un courant électrique, transmettent, en les modifiant, tels ou tels élémens du fluide nourricier. Le fluide sécrété est ensuite expulsé des vésicules, tant par l'effet de leur exosmose que par l'afflux continuel du fluide sécrété déterminé par l'endosmose. Cette expulsion a lieu, dans l'état naturel, vers les canaux excréteurs; mais si ces canaux sont obstrués par accident, l'expulsion a lieu vers les vaisseaux qui servent à la circulation, d'où résultent certains accidens morbides, dans la plupart des circonstances. Considérée sous ce point de vue, la sécrétion devient un phénomène général, auquel la nutrition elle-même vient se réunir, du moins sous le point de vue de la production de la substance qui remplit les vésicules élémentaires des organes. Ainsi, la *vésicule nerveuse* sécrète la substance *nerveuse* qui la remplit; la *vésicule musculaire* sécrète la substance à laquelle elle doit ses qualités vitales particulières, etc.

Chacune de ces vésicules expulse en même temps les substances précédemment sécrétées, et ces substances expulsées retombent dans les canaux sanguins, seuls canaux excréteurs de la *sécrétion de nutrition*.

Nous avons vu plus haut que, chez les végétaux, les substances contenues dans les vésicules sont seules soumises au mouvement continuel de composition et de décomposition; et que les vésicules elles-mêmes, ou plus généralement les organes creux qui contiennent les fluides, n'éprouvent point de renouvellement. Ce sont donc essentiellement les *parties contenantes* qui vieillissent, puisque le mouvement de remplacement de nutrition ne s'opère que sur les *substances contenues*. Nous ignorons s'il en est de même chez les animaux; mais l'analogie rend cela très-probable. Le défaut de renouvellement des vésicules élémentaires, est très-probablement une des causes de l'état sénile des animaux. Nous voyons que, chez les végétaux, les vésicules ne sont propres que dans leur *jeune âge* à la production des liquides qu'elles sont destinées à contenir. En vieillissant, elles perdent leur propriété première, en sorte qu'elles demeurent vides par l'effet de la dessication, ou bien elles demeurent remplies de substances concrètes, ce qui met fin à tout mouvement de remplacement ultérieur. L'analogie nous indique qu'il en doit être de même chez les animaux, dont les organes perdent avec l'âge une partie de leurs facultés premières, ce qui atteste l'élaboration moins parfaite des substances qui les constituent. On sait, d'ailleurs, que les organes

du renouvellement, cet agent cesse de produire la *nervimotion;* il y a, pour me servir d'une expression métaphorique, *épuisement* de la nervimotilité, c'est-à-dire qu'il n'y a plus de production d'électricité. L'absence de l'agent du dehors, ou *le repos*, rend à la nervimotilité toute son intensité première, parce que le renouvellement des *substances contenues* s'est opéré paisiblement dans l'absence de cet *agent nervimoteur*, et qu'alors elles peuvent se présenter de nouveau à son action, pourvues de toutes les qualités nécessaires pour être modifiées par lui. Je suis loin de songer à présenter cette théorie comme une déduction rigoureuse des faits; mais on ne pourra, je crois, se dispenser de juger avec moi qu'elle se rattache aux faits d'une manière très-plausible. Il en résulterait que l'agent nerveux serait véritablement une manière d'être de l'électricité; ce qui était soupçonné depuis long-temps par les physiologistes, surtout depuis que les découvertes de Galvani nous ont appris que l'électricité peut remplacer l'action nerveuse pour déterminer la contraction musculaire. Des esprits sévères n'ont voulu voir dans cette action de l'électricité, que l'influence d'un *excitant* d'une nature particulière, *excitant* qui agissait comme tous les autres, en déterminant l'exercice de l'action nerveuse, et non en la remplaçant. Mais cette manière de voir cesse d'être admissible, depuis qu'il est prouvé que les *substances excitantes* n'agissent elles-mêmes qu'au moyen de l'électricité, dont elles déterminent la production. Il est donc démontré, autant que peuvent le faire de

simples preuves indirectes, que l'agent nerveux est l'électricité, ou l'une de ses modifications.

Nous avons vu plus haut que, si la végétation est suspendue pendant l'hiver, cela provient de ce que l'abaissement de la température diminue l'intensité de l'état électrique producteur de l'endosmose. Les animaux ont aussi besoin d'un degré déterminé de chaleur pour que leur mouvement s'établisse et se maintienne. Ainsi le poulet, dans l'œuf fécondé, n'absorbe les substances nutritives qui l'environnent, et ne se développe que lorsqu'il est environné de la température assez élevée que lui communique l'incubation de la poule. Les conditions physiques de sa composition sont telles, qu'il faut ce degré de chaleur pour déterminer chez lui l'état électrique, et par suite l'exercice de l'endosmose, source de l'absorption et du développement. L'œuf des batraciens n'a besoin, pour développer le têtard, que de la chaleur extérieure qui règne ordinairement à l'époque où il est pondu. Les œufs des insectes qui sont pondus avant l'hiver, passent cette saison dans un état stationnaire; et ce n'est qu'au retour de la douce température du printemps, qu'ils donnent le jour aux êtres qu'ils renferment. En général, tous les animaux ont besoin d'une température particulière, et différente selon les espèces, ce qui indique que chez eux l'état électrique a besoin, pour s'établir, d'un degré de température qui n'est pas le même pour tous.

Les raisons qui m'ont porté à penser que les prétendus animalcules infusoires ne sont point des ani-

maux, mais bien des vésicules dans lesquelles existe un double courant électrique, m'ont persuadé qu'il en est de même des prétendus animalcules spermatiques. Déjà M. de Blainville a émis des doutes très-fondés sur l'animalité de ces petits corps mouvans : ce qu'il y a de certain, c'est que leurs mouvemens spontanés, et qui simulent presque une natation à la manière des poissons, sont faits pour en imposer, et pour faire croire que ce sont effectivement des animaux. Mais ces petits corps ne sont pas mouvans chez tous les animaux, quoiqu'ils existent constamment dans leur sperme. J'ai examiné au microscope le sperme du cerf-volant (*lucanus cervus*); je l'ai trouvé rempli d'une multitude innombrable de globules sans aucun mouvement : il en est de même du sperme des mollusques gastéropodes. Il paraît donc que ce mouvement tient à des circonstances particulières, lesquelles sont plus ou moins favorables à l'établissement de l'état électrique, source très-probable du mouvement spontané de ces globules vésiculaires.

Les expériences qui ont servi de base à cette théorie nouvelle de la vie, pourront peut-être jeter du jour sur la nature des maladies et sur l'action des médicamens. Ici s'ouvre une vaste carrière que je n'entreprendrai point de parcourir ; c'est assez pour moi de l'avoir ouverte. Je me bornerai donc ici à quelques aperçus généraux.

Les expériences qui ont été rapportées plus haut, touchant la propriété que possèdent diverses substances de produire l'endosmose ou l'exosmose, ne

nous éclairent que très-imparfaitement sur le mode d'action qu'exercent ces substances lorsqu'elles sont introduites dans l'économie animale. Ces expériences nous apprennent, par exemple, que l'ammoniaque, le sulfate de soude et l'alkool sont des agens producteurs d'endosmose, en vertu de leurs qualités chimiques. Or, combien l'action de ces substances sur l'économie animale n'offre-t-elle pas de différences! Si, introduites dans l'économie, elles y produisent également l'endosmose, il faut convenir que les effets de cette endosmose sont loin d'avoir de la similitude. L'expérience nous a appris qu'en général les acides sont des agens producteurs d'exosmose : or, chacun sait que ces substances, introduites dans l'économie, sont susceptibles de provoquer l'inflammation ou l'hypérendosmose. Comment concilier ces deux qualités opposées? L'hypérendosmose produite par les acides un peu énergiques, proviendrait-elle de ce que ces agens chimiques coagulent les fluides organiques, et par conséquent augmentent leur densité? Ceci nous prouve qu'il y a beaucoup à faire pour parvenir à la connaissance de la manière d'agir des substances chimiques introduites dans l'économie animale. Il est une chose qu'il serait extrêmement important de connaître; c'est le genre de modification que l'introduction des liquides chimiques fait éprouver aux liquides organiques par leur mélange ou par leur combinaison avec eux. Il me paraît que c'est là presque tout le secret de l'action des médicamens. Les liquides organiques, modifiés d'une manière particulière par l'ac-

cession des liquides chimiques introduits, deviennent, en raison de cette modification, des agens producteurs d'endosmose ou d'exosmose. Enfin, l'action particulière des substances médicamenteuses sur le système nerveux, et la réaction de ce système sur les phénomènes divers de la vie de nutrition des animaux, sont encore des causes de complication pour les phénomènes qui résultent de l'action des médicamens : cela nous fait sentir combien serait importante pour la médecine la connaissance exacte de la *statique nerveuse*. Ce n'est, je le pense, que par l'étude approfondie des phénomènes électriques, que cette statique pourra être connue.

Nous avons vu, plus haut, que la *force médicatrice* n'est autre chose que la continuité de l'action qu'exerce la nature vivante dans l'état normal; mais cette action prend, dans la maladie, un surcroît d'activité dont la cause est facile à apercevoir. L'inflammation, ou l'hypérendosmose morbide, en augmentant l'état électrique de l'organe malade, augmente l'action nerveuse générale. Or, le cœur est, en quelque sorte, le *nervomètre* de l'économie; aussitôt que l'action nerveuse est augmentée par une cause quelconque, telle que l'action musculaire énergique ou une passion violente, le cœur précipite ses mouvemens : il les précipite de même, lorsque cette même action nerveuse est augmentée par l'existence d'une hypérendosmose un peu étendue ou suffisamment intense. Dès lors, la circulation éprouvant un surcroît de rapidité, porte une plus grande quantité de sang aux

organes dans un temps donné; d'où il résulte que le mouvement vital de toutes les parties doit devenir plus rapide : l'expulsion des substanees altérées, et leur remplacement, doivent ainsi s'opérer plus promptement dans la partie hypérendosmosée, laquelle reçoit proportionnellement plus de sang que les autres parties, parce qu'elle est devenue un eentre d'*adfluxion.* C'est ordinairement dans l'espace d'environ vingt jours que s'opère la guérison des inflammations aiguës; ce qui nous indique qu'il faut à peu près ee temps pour le renouvellement des *substances contenues* dans les vésieules élémentaires des parties molles, et eela avec l'aeeélération fébrile. Cette période de renouvellement doit nécessairement être plus lente dans l'état normal de la cireulation; et c'est peut-être à cette cause qu'est due la durée de la période menstruelle des femmes, période qui est ordinairement d'un mois.

La eonnaissance que nous avons aequise du mécanisme du mouvement vital, nous met à même de déterminer *à priori* quelles sont les prineipales altérations que peut éprouver ee mouvement. Dans l'état normal, le mouvement vital eonsiste dans une prédominance nécessaire de l'endosmose sur l'exosmose, prédominance de laquelle résulte l'état turgide normal des parties. Le degré de cette prédominance est fixe et déterminé, par la nature partieulière de l'être vivant. L'intensité de l'endosmose peut être augmentée; elle peut aussi être diminuée; enfin, l'exosmose augmentée peut devenir prédomi-

ERRATA.

Pag. 24, *lig.* 14, les tubercules, *lisez* les tubercules du *solanum tuberosum.*

34, note, 1825, *lisez* 1805.

87, 30, trouvant, *lisez* trouvent.

93, 25, il fait, *lisez* elle fait.

CATALOGUE

DES LIVRES DE MÉDECINE

QUI SE TROUVENT

A Paris,

CHEZ J.-B. BAILLIÈRE,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DE MÉDECINE,

ET DU COLLÉGE ROYAL DES CHIRURGIENS DE LONDRES,

Rue de l'École-de-Médecine, nº 13 *bis*;

Londres, même Maison,

3 Bedford street, Bedford square.

A Bruxelles,

AU DÉPÔT DE LA LIBRAIRIE MÉDICALE FRANÇAISE.

Novembre 1829.

P. S. J'adresserai franco le Catalogue général de mes livres de médecine français et étrangers aux personnes qui m'en feront la demande par lettres affranchies.

ANATOMIE

PATHOLOGIQUE

DU CORPS HUMAIN,

OU

DESCRIPTIONS AVEC FIGURES LITHOGRAPHIÉES

ET COLORIÉES DES DIVERSES ALTÉRATIONS MORBIDES DONT LE CORPS HUMAIN EST SUSCEPTIBLE;

PAR J. CRUVEILHIER,

PROFESSEUR D'ANATOMIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS,
MÉDECIN DE LA MAISON ROYALE DE SANTÉ,
PRÉSIDENT PERPÉTUEL DE LA SOCIÉTÉ ANATOMIQUE, etc.

Les livraisons 1, 2, 3, 4, 5 et 6 sont en vente.

(*Novembre* 1829.)

CONDITIONS DE LA SOUSCRIPTION.

Cet ouvrage sera publié en 40 livraisons; chacune contiendra six planches, dont plusieurs coloriées avec le plus grand soin, et au moins 6 feuilles de texte in-fol. grand-raisin vélin, caractère neuf de F. Didot.—Les livraisons se suivron régulièrement de six semaines en six semaines.

L'impossibilité de rendre en noir un grand nombre d'altérations nous forc d'avoir recours aux couleurs pour la plus grande partie des planches qui compo seront cet ouvrage;

Le prix de chaque livraison est de 11 francs.

A la fin de l'ouvrage on publiera la liste des souscripteurs. — Les dessins e la lithographie sont confiés à MM. A. Chazal et J. G. Martin, exercés d puis long-temps à peindre l'anatomie, et qui, sous ce rapport, ont déjà rendu tan de services à la science.

Personne ne peut révoquer en doute l'utilité des planches d'anatomie pathologique. Ici l'occasion est fug tive, les yeux oublient aisément ce qu'ils n'ont vu qu'une fois, ce qu'ils n'ont souvent fait qu'entrevoir. Un simple description, quelque bien faite qu'on la suppose, se traîne péniblement de détails en détails, pou nous retracer une image toujours incomplète, quelquefois obscure inintelligible, et souvent défigurée pa l'idée dominante de l'observateur. La conservation des pièces d'anatomie pathologique les altère, les déna ture, et ne peut d'ailleurs profiter qu'à un petit nombre; la pratique la plus étendue ne fournit que d loin à loin les cas analogues, les cas qui peuvent s'éclairer mutuellement. Placé dans les circonstances le plus favorables pour l'étude des organes sains et malades, M. Cruveilhier n'a pu se voir environné de tan de richesses pathologiques sans se sentir pressé du vif désir de faire participer ses confrères au bienfa d'une mine d'autant plus abondante qu'elle sera plus exploitée. Une collection de planches anatomiques exactes et fidèles, représentant des faits choisis, positifs, concluans, serait une sorte de muséum d'a natomie pathologique, un traité de médecine clinique, indispensable aux médecins qui n'ont pas occasio de faire des ouvertures cadavériques, et qui ne sera pas sans quelque utilité pour ceux qui en font.

Mais, avant de s'engager dans une telle entreprise, M. Cruveilhier a dû s'assurer de tous les moyen d'exécution. Il a pour auxiliaires le plus grand nombre de ses collègues, les médecins et chirurgiens de hôpitaux de Paris, qui lui ont déjà donné des preuves d'une coopération active. Il compte également su le concours des membres de la Société anatomique, composée de l'élite des élèves de la Faculté de Pari L'hôpital auquel il est attaché en qualité de médecin, les collections de la Faculté, les mille sujets qu l'administration des hôpitaux livre chaque année aux dissections des pavillons de l'Ecole pratique, voil le sources toujours renaissantes dans lesquelles M. Cruveilhier puise les materiaux dont il a besoin.

DICTIONNAIRE

UNIVERSEL

DE MATIÈRE MÉDICALE

ET DE

THÉRAPEUTIQUE GÉNÉRALE;

CONTENANT L'INDICATION, LA DESCRIPTION ET L'EMPLOI DE TOUS LES MÉDICAMENS CONNUS DANS LES DIVERSES PARTIES DU GLOBE;

PAR **F. V. MÉRAT,**

Docteur en médecine de la Faculté de Paris, membre de l'Académie royale de Médecine, etc., etc.

ET **A. J. DELENS,**

Docteur en médecine de la Faculté de Paris. Inspecteur-général des Études, Membre titulaire de l'Académie royale de Médecine, etc., etc.

6 VOLUMES IN-8°. — TOME Ier EN VENTE. — PRIX : 7 FR.

CONDITIONS DE LA SOUSCRIPTION.

Le Dictionnaire universel de Matière médicale et de Thérapeutique générale sera composé de six vol. in-8° de 600 à 700 pages, caractère gaillarde neuf, 42 lignes à la page.—Le premier volume a paru le 20 Juillet 1829. A partir de cette époque, les autres se succéderont de 4 en 4 mois.

Le prix de chaque volume est de 7 fr, et franc de port par la poste de 9 fr. A la publication du 2e volume le prix de chaque volume sera pour les non-souscripteurs, de 8 fr. et franco 10 fr.

Les éditeurs prennent l'engagement de livrer gratis *aux souscripteurs les volumes qui dépasseraient le nombre de six. Il sera publié, avec le dernier volume, la liste des souscripteurs.*

Pour donner une idée du cadre immense que les auteurs de ce Dictionnaire ont embrassé fruit de dix années de recherches, il nous suffit d'indiquer que, selon l'importance du sujet l'histoire de chaque médicament comprendra tous les articles du tableau ci-après :

1° Noms Linnéen, officinal, commercial, vulgaire, ancien et moderne; définition.

2° Découverte; historique; gisement ou lieu natal; extraction ou récolte; état commercial; espèces, variétés, sortes, qualités.

3° Description pharmacologique; choix; préparation pharmaceutique; altérations, sophistications, substitutions.

4° Analyse chimique.

5° Action immédiate et médication chez l'homme et les animaux, dans l'état sain et dans l'état morbide; effets thérapeutiques; doses; formes; mode d'administration; adjuvans et correctifs, indications et contre-indications; inconvéniens.

6° Opinions diverses des auteurs; classification.

7° Combinaisons; mélanges; composés pharmaceutiques.

8° Bibliographie, article important qui manque dans les ouvrages analogues.

TRAITÉ

DES

CHAMPIGNONS,

OUVRAGE CONTENANT

L'Histoire analytique et chronologique des découvertes et des travaux sur ces plantes, leur synonymie botanique et les tables nécessaires; la description détaillée, les qualités, les effets, les différens usages, non-seulement des Champignons proprement dits, mais des Truffes, des Agarics, des Morilles, etc.; avec une suite d'expériences sur les animaux, l'examen des principes pernicieux de certaines espèces, et les moyens de prévenir leurs effets ou d'y remédier;

PAR J.-J. PAULET, D. M. P.

Correspondant de l'Institut royal de France, Médecin du château royal de Fontainebleau et de l'hôpital civil et militaire de la même ville, membre d'un grand nombre de Sociétés savantes.

2 FORTS VOLUMES IN-4°, AVEC 30 LIVRAISONS DE PLANCHES,

Composées ensemble de 170 Planches, gravées et coloriées avec le plus grand soin, et offrant plus de 500 espèces de Champignons de grandeur et de couleur naturelles.

Quoique le *Traité des Champignons* fût imprimé et publié depuis long-temps, devenait chaque jour plus difficile de se le procurer. Nous croyons donc faire ne chose utile en annonçant que nous sommes en possession du petit nombre exemplaires qui se sont trouvés chez l'auteur après sa mort.

Le prix de cet ouvrage, 2 vol. in-4°, avec 30 livraisons contenant 170 planches loriées, est réduit à. . . . . 150 f.

Les personnes qui désireraient le recevoir en souscription, pourront retirer eux livraisons de planches par mois, au prix de 5 fr. chaque. -- Le premier lume du texte sera livré en retirant la quinzième livraison, et le second avec la entième et dernière livraison.

Les possesseurs des anciens exemplaires à qui il manquerait des livraisons de lanches, pourront se les procurer au prix de 6 fr. chaque.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE, DERNIER COURS DE Xav. BICHAT, d'après un manuscrit autographe de P. A. Béclard; avec une notice sur la vie et les travaux de Bichat; par F. G. Boisseau, D. M. P., membre des académies royales de médecine de Paris et de Madrid, de la société médicale d'émulation, etc., etc. *Paris*, 1825, in-8., *portrait et fac-simile*........... 5 f.

Dans cet ouvrage les principales maladies de chaque tissu, de chaque organe, sont énumérées et rapidement décrites; puis vient l'indication des résultats de l'ouverture du cadavre à la suite de chacune d'elles. Les symptômes vraiment caractéristiques, et le signalement des traces après la mort, paraissent avoir été le but que Bichat s'est proposé dans son cours. On y chercherait vainement l'anatomie pathologique toute descriptive de nos jours. Il est évident que, sous le titre d'anatomie pathologique, Bichat hasardait ses vues sur la pathologie interne, vues qui, exploitées bientôt par ses contemporains et ses successeurs, devaient donner une si grande impulsion à la science de la nature et du siége des maladies.

« La notice de M. Boisseau retrace en peu de mots les services rendus à la science par Bichat, elle est écrite avec cet enthousiasme qu'on lui reconnaît toutes les fois qu'il s'agit de ce grand homme. » (*Journal complémentaire des sciences médicales*, t. xxiie, septembre 1825.)

ANATOMIE DU CERVEAU, contenant l'histoire de son développement dans le fœtus, avec une exposition comparative de sa structure dans les animaux, par Fr. Tiedemann, professeur à l'université de Heidelberg; traduite de l'allemand; avec un discours préliminaire sur l'étude de la physiologie en général, et sur celle de l'action du cerveau en particulier; par A.-J.-L. Jourdan. *Paris*, 1823, 1 vol. in-8. avec 14 planches, br.................... 7 f.

« M. Tiedemann est, parmi les anatomistes de nos jours, un de ceux qui ont le mieux établi que l'anatomie comparée peut seule dévoiler le fait si curieux de la multiplication graduelle des organes, de leur développement, de leur complication successive, et du degré de leur importance relative pour l'entretien de la vie. Ces descriptions nous ont paru fort claires et les figures soignées en facilitent encore l'intelligence; nous pensons que ce travail est un des plus remarquables qui aient paru depuis long-temps.» (*Journal universel des sciences médicales*, juin, 1823.)

RECHERCHES EXPERIMENTALES, PHYSIOLOGIQUES ET CHIMIQUES, SUR LA DIGESTION, considérée dans les quatre classes d'animaux vertébrés; par F. Tiedemann et L. Gmelin, professeurs à l'université de Heidelberg; traduites de l'allemand par A.-J.-L. Jourdan, D.-M.-P., Membre de l'Académie royale de Médecine, etc. *Paris*, 1827; 2 vol. in-8., avec grand nombre de tableaux.................................. 15 fr.

Cet ouvrage, résultat de plusieurs années d'expériences pénibles sur les diverses classes d'animaux, se recommande à tous les physiologistes; c'est par des faits nombreux et bien observés que les auteurs de cet ouvrage sont parvenus à faire mieux connaître les phénomènes si importans de la digestion; il ne s'agit pas ici de théories fruits de l'imagination, mais d'expériences que tous les physiologistes qui aiment la vérité sont forcés de reconnaître et de répéter.

CELSE (A.-C.): TRAITÉ DE LA MÉDECINE en VIII livres, traduction nouvelle par MM. Fouquier, professeur de la faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital de la Charité, etc., et Ratier, D. M. P. *Paris*, 1824, 1 vol. in-18 de 550 pages, imprimé sur papier fin, par F. Didot.................................. 4 f. 50 c.

CELSI (A. C.): DE RE MEDICA LIBRI OCTO, editio nova, curantibus P. Fouquier, in saluberrima facultate parisiensi professore, et F.-S. Ratier, D. M. *Parisiis*, 1823, 1 vol. in-18, imprimé sur papier fin des Vosges, par F. Didot.................................. 4 f. 50 c.

— Le même, papier vélin.................................. 8 f.

Il n'est pas de médecin qui puisse se dispenser d'avoir dans sa bibliothèque l'ouvrage de Celse, l'un des auteurs de l'antiquité chez lequel on trouve le plus de connaissances positives sur l'art de guérir, jointes à un style aussi pur qu'élégant, qui l'a fait placer par les philologues au nombre des classiques latins. MM. Fouquier et Ratier, en donnant une nouvelle édition de Celse, ont mieux aimé donner séparément la traduction que la mettre en regard de l'édition latine, afin de laisser la faculté de choisir: toutefois ces deux volumes, du même format, joignent au mérite d'une correction parfaite celui d'une exécution typographique très-soignée.

CODEX MEDICAMENTARIUS, sive Pharmacopœa gallica, jussu regis optimi et ex mandato summi rerum internarum regni administri editus a facultate medica Parisiensis. *Parisiis*, 1818, in-4.................. 18 f.

COURS COMPLET DES MALADIES DES YEUX, suivi d'un précis d'hygiène oculaire; nouvelle édition, augmentée d'un mémoire sur le staphylôme

de la cornée transparente; par M. Delarue, docteur en médecine de la faculté de Paris, etc. *Paris*, 1823, in-8 . . . . 6 f.

CONSIDÉRATIONS PRATIQUES SUR CERTAINES AFFECTIONS DE L'UTÉRUS, en particulier sur la phlegmasie chronique avec engorgement du col de cet organe, et sur les avantages de l'application immédiate des sangsues méthodiquement employées dans cette maladie, par J.-N. Guilbert, professeur de la Faculté de Médecine de Paris, etc., 1826, in-8., fig. 2 f. 50 c.

DE LA GOUTTE ET DES MALADIES GOUTTEUSES, par M. Guilbert, professeur de la faculté de médecine de Paris; suivi de recherches pratiques sur la pathologie, le traitement du rhumatisme, et les moyens de prévenir cette maladie; trad. de l'anglais de James Johnson. *Paris*, 1820, in-8. 5 f.

Cet ouvrage fut accueilli avec bienveillance. En France, il obtint le suffrage de M. le professeur Hallé, qui voulut bien publier (*Bibliothèque médicale*, t. LVI) qu'il le regardait comme un vrai Traité et un bon Traité.—En Angleterre, M. James Johnson le fit passer dans sa langue; il y joignit des recherches sur le rhumatisme pleines de vues ingénieuses, et qui nous montrent l'état actuel de la médecine en Angleterre sur ce point. A son tour, M. Guilbert traduisit les Recherches de James Johnson, afin que son ouvrage ainsi accompagné devînt encore plus utile.

DE LA NATURE ET DU TRAITEMENT DE L'HYDROCEPHALE AIGUE (MENINGO CEPHALITE DES ENFANS), par D. Charpentier, D. M. P., médecin de l'hôpital civil de Valenciennes, membre correspondant de l'Académie royale de médecine, de la Société de médecine de Paris, et de la Société médicale d'émulation, etc. *Paris*, 1829, in-8. . . . . 6 f.

Le but de l'auteur a été de faire ressortir la part active que prend le cerveau dans l'*Hydrocéphale aiguë*, parce que l'examen des causes prédisposantes et occasionelles, la nature des symptômes et les altérations presque constantes dont il est le siége, démontre qu'il est l'organe principalement affecté; cet ouvrage se distingue encore par des considérations neuves sur le délire, sur l'influence qu'exercent les organes digestifs sur l'appareil cérébral, sur les modifications que l'âge détermine dans la vitalité des organes.

Mais la partie la plus importante de l'ouvrage de M. Charpentier, est celle qui a rapport au traitement: la manière dont il emploie les moyens qui peuvent agir efficacement, en a fait une méthode curative nouvelle, et l'expérience lui a prouvé que la terminaison heureuse dépend le plus souvent de la manière de la mettre en usage; c'est ce que démontre les faits nombreux qu'il rapporte.

Tout le monde sait quelle inquiétude règne encore aujourd'hui dans les familles lorsqu'un enfant est atteint de *Fièvre cérébrale*. Un ouvrage qui annonce un moyen nouveau de guérison doit donc être recherché avec avidité.

DE LA PHYSIOLOGIE DU SYSTEME NERVEUX, et spécialement du cerveau. Recherches sur les maladies nerveuses en général, et en particulier sur le siége, la nature et le traitement de l'hystérie, de l'hypochondrie, de l'épilepsie et de l'asthme convulsif; par M. Georget, D. M. P., membre de l'Académie royale de médecine, ancien interne de première classe de la division des aliénées de l'hospice de la Salpêtrière, etc. *Paris*, 1821, 2 vol. in-8 . . . . . 12 f.

« L'ouvrage de M. Georget est destiné à prouver que de l'action cérébrale dérivent la sensibilité, les fonctions intellectuelles et affectives, les penchans, les passions, les névroses et les maladies mentales. C'est l'œuvre d'un homme instruit et qui sait beaucoup. Il mérite d'être médité avec attention par tous les médecins, qui ne peuvent manquer de le lire avec fruit. » (*Journal universel des sciences médicales*, t. XXV, janvier 1822.)

DISCUSSION MEDICO-LEGALE SUR LA FOLIE, ou Aliénation mentale, suivie de l'Examen du procès criminel d'Henriette Cornier, et de plusieurs autres procès, dans lesquels cette maladie a été alléguée comme moyen de défense; par M. Georget, D. M. P. *Paris*, 1826, in-8 . . . 3 f. 50 c.

NOUVELLE DISCUSSION MÉDICO-LÉGALE, suite de l'ouvrage précédent, par le même. *Paris*, 1828, in-8. . . . . 3 f.

DES MALADIES MENTALES, considérées dans leurs rapports avec la législation civile et criminelle, par le même. *Paris*, 1827, in-8. . . . . 3 f. 50 c.

DU DEGRÉ DE COMPÉTENCE DES MÉDECINS DANS LES QUESTIONS JUDICIAIRES RELATIVES AUX ALIÉNATIONS MENTALES, et des théories physiologiques sur la monomanie; édition augmentée de Nouvelles Réflexions sur le même sujet, sur le suicide, etc.; par Elias Regnault, avocat à la Cour royale de Paris. *Paris*, 1829, in-8. . . . . 6 f.

Dans cet ouvrage, M. E. Regnault examine jusqu'à quel point les médecins experts sont compétens dans les questions judiciaires relatives aux aliénations mentales, quelle valeur on doit attacher à leur opinion; la science médicale leur fournit-elle, sur la forme et la nature de la folie, des connaissances

assez positives, assez supérieures à celles du vulgaire, pour qu'ils puissent à coup sûr reconnaître et distinguer de l'état normal cet état irrégulier et extraordinaire?

Ces questions sont traitées avec le double caractère du talent et de la probité. Il y a dans le livre de M. E. Regnault des critiques qui frappent juste et fort, des argumens dont les doctrines médicales ne peuvent démontrer la fausseté, et des conseils dont les médecins pourront faire leur profit. Toutes les personnes qui possèdent les ouvrages de Georget doivent se procurer celui de M. E. Regnault, ayant examiné tous deux les mêmes questions avec des résultats différens.

— Séparément. NOUVELLES RÉFLEXIONS sur le degré de compétence des médecins dans les questions judiciaires, sur le suicide, etc. *Paris*, 1829, in-8. 2 f. 50 c.

DE LA SANTÉ DES GENS DE LETTRES, par Tissot; avec une notice sur la vie de l'auteur, et des notes, par F.-G. BOISSEAU. *Paris*, 1826, 1 volume in-18. .... 2 f. 50 c.

Ce petit ouvrage manquait depuis long-temps dans le commerce; nous pensons avoir fait une chose utile en le réimprimant. Les notes que M. le docteur Boisseau y a ajoutées le rendent encore plus intéressant : aussi nous ne doutons pas qu'il ne soit bien accueilli des médecins et des gens de lettres, auxquels il est spécialement destiné.

DE LA PARALYSIE, CONSIDÉRÉE CHEZ LES ALIÉNÉS, Recherches faites dans le service et sous les yeux de MM. *Royer-Collard* et *Esquirol*; par L. F. CALMEIL, D. M. P., médecin à la Maison royale des aliénés de Charenton. *Paris*, 1826, in-8. .... 6 fr. 50 c.

« Résultat de huit années d'observations faites aux cliniques de la Salpêtrière et de la maison royale de Charenton. M. Calmeil a fait une étude spéciale de ce genre de maladie sur laquelle on n'avait que des idées confuses; son ouvrage, riche d'un grand nombre d'observations pathologiques, doit fixer l'attention dans un moment où la pathologie du cerveau est devenue l'objet d'une étude spéciale.

DES CAUSES MORALES ET PHYSIQUES DES MALADIES MENTALES, et de quelques autres affections nerveuses telles que l'hystérie, la nymphomanie et le satyriasis; par F. VOISIN, D. M. P., directeur de la Maison d'Aliénés de Vanvres près Paris, membre de plusieurs sociétés savantes. *Paris*, 1826, in-8. .... 7 fr.

Dans cet ouvrage M. VOISIN examine quelle est l'influence de l'éducation, des institutions politiques, religieuses, du fanatisme et de la superstition, des mœurs, des professions, des âges et des sexes, de l'hérédité, et généralement de toutes les passions qui peuvent altérer les facultés intellectuelles tant au moral qu'au physique. Son livre est aussi bien écrit que bien pensé, il sera lu par le médecin et le philosophe, le magistrat et l'homme du monde, tous y puiseront des conseils utiles.

DE LA LITHOTRITIE, ou Broiement de la pierre dans la vessie, par le docteur CIVIALE. Paris, 1827, 1 vol. in-8, avec sept planches .... 7 f.

LETTRES SUR LA LITHOTRITIE, ou Broiement de la pierre dans la vessie, pour servir de suite et de complément à l'ouvrage précédent, par le docteur CIVIALE. Ire Lettre à M. Vincent KERN. *Paris*, 1827, in-8. fig. .... 3 f.

IIe. Lettre. *Paris*, 1828 .... 3 f. 50 c.

En 1826 et 1827, l'Institut royal de France a récompensé M. CIVIALE, pour le grand nombre d'opérations qu'il a faites sur le vivant, et pour les beaux succès qu'il a obtenus. C'est pour répondre à un suffrage aussi honorable que M. CIVIALE a publié son premier ouvrage; et dans ses *Lettres* il indique les diverses modifications que ses nombreuses observations lui ont suggérées.

DE LA PERCUSSION MÉDIATE, et des signes obtenus à l'aide de ce nouveau moyen d'exploration, dans les maladies des organes thoraciques et abdominaux; par P.-A. PIORRY, D. M. P., agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, médecin du Bureau central des Hôpitaux, membre de l'Académie royale de Médecine, etc. *Paris*, 1828, 1 vol. in-8, avec deux planches .... 6 f.

L'Institut royal de France vient d'accorder un prix à M. Piorry pour les avantages qui doivent résulter, pour le diagnostic des maladies de poitrine, des modifications qu'il a apportées dans l'emploi de la percussion médiate.

DE L'ANATOMIE PATHOLOGIQUE CONSIDÉRÉE DANS SES VRAIS RAPPORTS, avec la science des maladies; par M. RIBES, professeur de la Faculté de Médecine de Montpellier. *Paris*, 1828, tom. Ier., in-8°. .... 7 f.

DE L'ÉTAT PRÉSENT DES HOMMES, considérés sous le rapport médical; par LAFONT-GOUZI, médecin du Collége royal de Toulouse, membre de plusieurs Sociétés savantes. *Paris*, 1827, in-8. .... 6 f.

DES MALADIES PROPRES AUX FEMMES, par M. NAUCHE, médecin de

la Société maternelle, et de l'Institution des Jeunes Aveugles, membre de plusieurs Sociétés savantes. *Paris*, 1829, 2 vol. in-8, fig.··· 10 f. 50 c.

Dans ce nouvel ouvrage, M. Naucho a refondu, avec des additions, celui publié en 1816 sur *les maladies de l'utérus*, qui est épuisé depuis long-temps. En se livrant à de nouvelles recherches sur les maladies propres aux femmes, l'auteur a réuni aux nombreux faits que lui a fourni une pratique étendue, ceux recueillis par ces auteurs qui se sont occupés du même sujet. Placé à portée d'observer toutes les opinions, d'examiner les effets de toutes les méthodes curatives, il a adopté tout ce qui lui a paru vrai, comme aussi il a rejeté tout ce qui ne lui a pas paru conforme à une expérience éclairée; parmi les maladies qu'il a décrites, il en est peu dont il n'ait suivi les traitemens qu'il indique, il rapporte les circonstances dans lesquelles l'art a été utile sans crainte de citer celles où il a été impuissant.

DES DIVERSES MÉTHODES D'EXPLORATION DE LA POITRINE ET DE LEUR APPLICATION AU DIAGNOSTIC DE SES MALADIES, par V. Collin, docteur en médecine de la faculté de Paris, interne des hôpitaux civils de la même ville; deuxième édition, considérablement augmentée. *Paris*, 1830, in-8·······

« Après avoir examiné les mouvemens respiratoires dans l'état sain et dans l'état morbide, l'auteur traite successivement des signes fournis par la *percussion* et l'*auscultation médiate*; il passe ensuite en revue toutes les maladies thoraciques, et cherche à les distinguer les unes des autres, en assignant à chacune ses caractères propres. Ce petit ouvrage peut être considéré comme un extrait fort bien fait de la partie de l'ouvrage de M. Laennec relative au diagnostic des maladies de la poitrine. Il sera très-utile aux élèves qui suivent les cours de clinique, et aux médecins qui veulent se familiariser avec l'emploi du stéthoscope et du plessimètre. » (*Archives générales de médecine*.)

DE L'INFLAMMATION DES VAISSEAUX ABSORBANS, LYMPHATIQUES, DERMOIDES ET SOUS-CUTANÉS, maladie désignée par les auteurs sous les différens noms d'*éléphantiasis des Arabes*, d'*œdème dur*, de *hernie charnue*, de *maladie glandulaire de Barbade*, etc., avec quatre planches en taille-douce, représentant les diverses formes, etc.; par M. Alard, D. M. P., membre de l'académie royale de médecine, médecin de la maison royale de Saint-Denis, etc., *deuxième édition*. Paris, 1824, in-8······ 6 f.

« Dans cet ouvrage, M. Alard suit l'inflammation des lymphatiques sous toutes les formes qu'elle peut revêtir; il soulève avec une rare sagacité les voiles qui la couvrent dans ses divers déguisemens, et fait justice des apparences qui jusqu'ici en avaient imposé aux observateurs. Les planches offrent le tableau effrayant de cette maladie. » (*Revue médicale*, août 1824.)

DU SIEGE ET DE LA NATURE DES MALADIES, ou Nouvelles considérations touchant la véritable action du système absorbant dans les phénomènes de l'économie animale; par M. Alard, membre de l'Académie royale de médecine, médecin de la maison royale de Saint-Denis, etc. *Paris*, 1821; 2 vol.······ 12 f.

DU MAGNÉTISME ANIMAL EN FRANCE et DES JUGEMENS QU'EN ONT PORTÉS LES SOCIÉTÉS SAVANTES, avec le texte des divers rapports fait en 1784 par les commissaires de l'Académie des Sciences de la Faculté et de la Société royale de Médecine, et une analyse des dernières séances de l'Académie royale de Médecine, et du rapport de M. Husson; suivi de considérations sur l'apparition de l'EXTASE DANS LES TRAITEMENS MAGNÉTIQUES, par Al. Bertrand, docteur en médecine de la Faculté de Paris, ancien élève de l'École Polytechnique, etc. *Paris*, 1826, in-8º······ 7 fr.

Dans un moment où le magnétisme animal est devenu l'objet d'une grande discussion à l'Académie royale de Médecine, M. Bertrand, connu par les soins qu'il a faits sur ce sujet, et qui, depuis long-temps, en fait l'objet spécial de ses travaux, ne pouvait rester spectateur dans ce grand procès: aussi, dans l'ouvrage que nous publions, il ne se contente pas d'offrir le résultat de ses expériences, il y fait entrer avec des commentaires les jugemens des Sociétés savantes en France; 1º. le Rapport de Bailly et Franklin à l'Académie des Sciences; 2º celui des commissaires de la Faculté de Médecine; 3º. celui de M. de Jussieu; 4º celui de M. Husson à l'Académie royale de Médecine. Aussi son ouvrage doit-il être recherché de toutes les personnes que cette grande question intéresse.

DICTIONNAIRE DE MÉDECINE ET CHIRURGIE VÉTÉRINAIRES, ouvrage utile aux vétérinaires, aux officiers de cavalerie, aux propriétaires, aux cultivateurs et à toutes les personnes chargées du soin et du gouvernement des animaux domestiques, par Hurtrel-d'Arboval, membre de la Société royale et centrale d'Agriculture de Paris, et de plusieurs sociétés nationales et étrangères *Paris*, 1828, 4 forts vol. in-8.······ 32 fr.

Depuis long-temps on éprouvait généralement le besoin d'un livre dans lequel toutes les notions sur lesquelles repose l'art de prévenir et de traiter les maladies des animaux domestiques d'une manière efficace, se trouvassent rassemblées et coordonnées avec méthode. Il était devenu nécessaire de réunir une foule de faits que leur dissémination rendait à peu près inutiles pour la science, et de choisir, parmi cette foule de préceptes que le temps a consacrés, les seuls que puisse avouer et suivre l'expérience guidée par une saine théorie. Il n'était pas moins indispensable de mettre la médecine des animaux en harmonie avec les progrès immenses que celle des hommes a faits depuis un petit nombre d'années, et de lui donner, comme à cette dernière, l'inébranlable appui d'une physiologie rigoureuse. C'est en procédant de cette manière qu'on pouvait espérer de conduire l'art vétérinaire à une perfection réelle : aussi l'ouvrage de M. Hurtrel-d'Arboval peut-il être considéré comme un véritable traité de médecine et de chirurgie comparées qui sera aussi utile aux médecins qu'aux vétérinaires.

ANATOMIE CHIRURGICALE DES PRINCIPAUX ANIMAUX DOMESTIQUES, ou Recueil de 30 planches représentant, 1° l'anatomie des régions du cheval, du bœuf, du mouton, etc., sur lesquelles on pratique les opérations les plus graves ; 2° les divers états des dents du cheval, du bœuf, du mouton, du chien, indiquant l'âge de ces animaux ; 3° les instrumens de chirurgie vétérinaire ; 3° un texte explicatif ; par U. Leblanc, médecin vétérinaire, ancien répétiteur à l'École royale vétérinaire d'Alfort ; et A. Trousseau, docteur en médecine, agrégé à la Faculté de Paris, professeur d'anatomie et de physiologie pathologiques comparées. Atlas pour servir de suite et de complément au *Dictionnaire de médecine et de chirurgie vétérinaires* ; par M. Hurtrel-d'Arboval. *Paris*, 1828, 1 vol. grand in-fol. composé de 30 planches gravées et coloriées avec soin .... 4? f.

Cet atlas est dessiné par Chazal, sur des pièces anatomiques originales, et gravé par Ambr. Tardieu.

DICTIONNAIRE DES TERMES DE MÉDECINE, CHIRURGIE, ART VÉTÉRINAIRE, PHARMACIE, HISTOIRE NATURELLE, BOTANIQUE, PHYSIQUE, CHIMIE, etc., par MM. Bégin, Boisseau, Jourdan, Montgarny, Richard, Sanson, docteurs en médecine de la faculté de Paris, et Dupuy, professeur à l'École vétérinaire d'Alfort. *Paris*, 1823. 1 v. in-8 de 600 pages .... 8 f.

« Plus complet que celui de Nysten, ce dictionnaire présente les mots avec leur étymologie et leur signification ; c'est un petit résumé de toutes les idées attachées à ces mots dans chaque science, et par ce moyen un court résumé de chacune des sciences dont on rapporte les termes ; la doctrine physiologique y trouve une bonne explication de ces mots. Toutes les connaissances chimiques s'y rencontrent, les termes de l'art vétérinaire y sont au complet, enfin l'ouvrage est également enrichi des termes de physique, d'histoire naturelle et de botanique. » (*Annales de la médecine physiologique* par Broussais, octobre, 1823.)

DISSERTATION SUR LES ANÉVRYSMES DE L'AORTE, par G. Noverre, docteur en médecine de la faculté de Paris. *Paris*, 1820, in-8 ..... 1 f. 50 c.

ÉLÉMENS DE PHILOSOPHIE CHIMIQUE, par H. Davy, professeur de chimie à l'Institution royale Backerienne, auteur des *Élémens de Chimie agricole* ; trad. de l'angl., avec des additions, par Van-Mons, correspondant de l'Institut. *Paris*, 1826, 2 vol. in-8., fig. .... 18 f.

Le nom de Davy est connu depuis long-temps ; il occupe une place distinguée parmi les premiers chimistes de l'Europe, pour les progrès que ses nombreuses découvertes ont fait faire à cette belle partie des connaissances humaines. *Ses Élémens de Philosophie chimique* étaient peu connus en France ; nous croyons avoir rendu service en les reproduisant.

ÉLOGES DES ACADÉMICIENS DE MONTPELLIER, pour servir à l'histoire des sciences dans le 18e siècle, par M. le baron Desgenettes, inspecteur-général du service de santé des armées, professeur de la faculté de médecine de Paris, etc. *Paris*, 1811. in-8 .... 4 f.

ESSAI SUR LA FIÈVRE JAUNE D'AMÉRIQUE, ou Considérations sur les symptômes, la nature et le traitement de cette maladie ; avec l'histoire de l'épidémie de la Nouvelle-Orléans, en 1822, et le résultat de nouvelles recherches d'anatomie pathologique ; par P.-F. Thomas, secrétaire général de la société médicale de la Nouvelle-Orléans, médecin de l'hôpital de cette ville. Précédé de considérations hygiéniques sur la Nouvelle-Orléans, par J. Picornel, D. M. P. *Paris*, 1823, in-8 .... 3 f.

ESSAI DE GÉOLOGIE, ou Mémoires pour servir à l'histoire naturelle du globe, par B. Faujas-St.-Fond, professeur au Jardin du Roi. *Paris*, 1809, 3 vol. in-8, avec 29 planches dont 5 coloriées.......................... 21 f.

ESSAI PHYSIOLOGICO-PATHOLOGIQUE SUR LA NATURE DE LA FIÈVRE, DE L'INFLAMMATION ET DES PRINCIPALES NÉVROSES; appuyé d'observations pratiques; suivi de l'histoire des maladies observées à l'hôpital des Enfans malades pendant l'année 1818; Mémoire couronné par la faculté de médecine de Paris, le 4 novembre 1821; par Ant. Dugès, D. M. P., professeur de la faculté de médecine de Montpellier, etc. *Paris*, 1823, 2 vol. in-8.. 13 f.

« L'auteur de cet ouvrage semble avoir eu pour but de concilier les doctrines les plus opposées. Il a mis également à contribution les idées d'Hippocrate sur les crises, de Cullen et de Darwin sur les oscillations nerveuses, de M. Pinel sur l'essentialité des fièvres: il reconnaît aussi devoir beaucoup à M. Broussais et à l'école des contre-stimulistes. M. Dugès est donc un auteur éclectique par excellence; il a cherché la vérité partout où il a espéré la rencontrer. Après avoir jeté dans une première partie des principes fondamentaux de pathologie, il a cherché dans une seconde partie à faire l'application de ces principes aux diverses maladies. Nous avons donc à considérer M. Dugès et comme auteur d'un système et comme médecin observateur; mais, nous aimons à le proclamer d'avance, on ne peut s'empêcher de reconnaître en lui un homme doué d'une vaste instruction et d'une sagacité peu commune. En terminant l'analyse du premier volume de cet ouvrage, nous nous hâtons de donner au lecteur une idée des matières que contient le second volume. C'est un recueil d'excellentes observations sur différentes maladies, et spécialement sur les fièvres graves, l'hydrocéphale aiguë, la variole, la rougeole, l'angine, la diarrhée, le charbon, etc. Dire que ces observations ont été recueillies à l'hôpital des Enfans malades et dans d'autres hôpitaux de Paris, que le plus grand nombre fait partie d'un mémoire couronné en 1821 par la faculté de médecine de Paris, c'est en faire suffisamment l'éloge. » (*Revue médicale*, t. XI, août 1823.)

DE L'INFLUENCE DES SCIENCES MÉDICALES ET ACCESSOIRES SUR LES PROGRÈS DE LA CHIRURGIE MODERNE, par Ant. Dugès, professeur à la Faculté de Médecine de Montpellier. *Paris*, 1827, in 8.. 2 fr.

Dans ce travail, M. Dugès a voulu faire sentir la liaison intime qui existe entre les diverses branches de l'art de guérir, la mutuelle dépendance de chacune de ses branches et la nécessité de les étudier toutes.

SUNT NE INTER ASCITEM ET PERITONITIDEM CHRONICAM CERTA DISCRIMINA QUIBUS DIAGNOSCI QUEANT; auct. Ant. Dugès, D. M. P. *Parisiis*; 1824, in-4.......................... 1 f. 50 c.

ESSAI SUR LES IRRITATIONS, par Marandel, docteur en médecine de la faculté de Paris. *Paris*, 1807, in-4.......................... 3 f.

ESSAI SUR LES MALADIES DE L'OREILLE INTERNE; par J.-A. Saissy, docteur en médecine, membre de plusieurs Sociétés savantes, etc.; *ouvrage couronné par la Société de médecine de Bordeaux*. *Paris*, 1827, in-8, fig.. 4 f. 50 c.

ÉTUDES CLINIQUES SUR LES EMISSIONS SANGUINES ARTIFICIELLES, *ouvrage qui a remporté le prix à la Société de Médecine de Marseille, en* 1826; par Isid. Polinière, D. M. P., médecin de l'Hôtel-Dieu de Lyon, membre de l'Académie royale de Médecine. *Paris*, 1827, 2 vol. in-8. 12 f.

La fréquence de la saignée par les sangsues dans l'état actuel de la science, est due aux notions récemment acquises sur les fonctions d'organes peu étudiés et mal connus par nos devanciers, aux études approfondies sur les dispositions physiologiques et pathologiques des vaisseaux capillaires rouges et blancs, dont le rôle important est mieux apprécié. C'est par des faits recueillis aux lits des malades, dans un vaste hôpital confié à ses soins, que M. Polinière a voulu éclairer cette grande question: son livre n'est écrit dans aucun système: on y rencontre un grand amour de la vérité; c'est par des faits et toujours par des faits que l'auteur appuie ses opinions.

EXPOSÉ DES DIVERS PROCÉDÉS EMPLOYÉS JUSQU'A CE JOUR POUR GUÉRIR DE LA PIERRE SANS AVOIR RECOURS A L'OPÉRATION DE LA TAILLE; par Leroy (*d'Étioles*), docteur en chirurgie de la faculté de Paris, etc. *Paris*, 1825, in-8, avec cinq planches.......... 4 f.

L'Institut royal de France (Académie des sciences) vient d'accorder une mention honorable à

RECHERCHES SUR LES SYMPATHIES et sur d'autres phénomènes qui sont ordinairement attribués comme exclusifs du système nerveux, par le même. *Paris*, 1822, in-8 .... 1 f. 25 c.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR L'ABSORPTION ET L'EXHALATION, Mémoire couronné par l'Institut royal de France; par le même. *Paris*, 1824, in-8, avec une planche coloriée .... 2 f. 50 c.

DISCOURS SUR LA BIOLOGIE, ou SCIENCE DE LA VIE, suivie d'un tableau des connaissances naturelles, d'après leur nature et leur filiation; par le même. *Paris*, 1826; in-8 .... 2 fr. 50 c.

MELANGES DE MEDECINE ET DE CHIRURGIE, ou Mémoires sur les pansemens, les luxations, les opérations chirurgicales, les maladies syphilitiques, la paralysie, etc., etc.; par M. Mothe, ancien chirurgien de l'Hôtel-Dieu de Lyon, etc. *Paris*, 1812-1827, 2 vol. in-8 .... 12 f.
Le tom. IIe séparément, 1827, in-8 .... 6 f.

MEDECINE LÉGALE. Considérations sur l'infanticide; sur la manière de procéder à l'ouverture des cadavres, spécialement dans le cas de visites judiciaires; sur les érosions et perforations de l'estomac, l'ecchymose, la sugillation, la contusion, la meurtrissure; par MM. Lecieux, Renard, Laisné, Rieux, docteurs en médecine de la faculté de Paris. 1819, in-8 .... 4 f. 50 c.

« Cet ouvrage nous a offert beaucoup d'intérêt; on y trouve d'excellens principes, exposés avec clarté et méthode; partout on y rencontre la doctrine, souvent les expressions mêmes de M. le professeur Chaussier. » (*Bibliothèque médicale.*) « Ces quatre dissertations manquent dans la bibliothèque de presque tous les gens de l'art; nous ne doutons pas qu'ils ne s'empressent de se les procurer, et ils doivent le faire puisqu'ils ne trouveront nulle part ailleurs les excellens documens qui y sont consignés. » (*Journal complémentaire du Dictionnaire des sciences médicales.*)

MÉDECINE LEGALE RELATIVE AUX ALIENÉS, AUX SOURDS-MUETS, ou les lois appliquées aux désordres de l'intelligence; par Hoffbauer; trad. de l'allemand par Chambeyron. D. M. P., avec des notes, par MM. Esquirol et Itard. *Paris*, 1827, in-8 .... 6 f.

Le besoin généralement senti d'un traité de médecine légale appliquée aux désordres de l'intelligence, la juste réputation dont jouit celui de M. Hoffbauer, les notes nombreuses et importantes qu'ont ajoutées à ce travail MM. Esquirol, sur les aliénés, et Itard sur les sourds-muets, en font un ouvrage du premier ordre qui sera consulté avec fruit par les médecins, les avocats, les juges, etc. Voici les principales divisions de cet ouvrage. — Des maladies mentales et de leurs suites légales. — De l'erreur de sentiment et des maladies analogues. — De la manie et des maladies analogues. — Du somnambulisme — Des sourds-muets — Des états passagers de l'âme qui peuvent être du ressort de la médecine légale — De l'ivresse. — De l'état intermédiaire de la veille et du sommeil. — De l'egarement momentané — De l'impulsion insolite. — De la monomanie homicide. — De l'influence qu'exercent sur la validité d'un temoin les maladies et les états indiqués ci-dessus. — Règles generales pour reconnaître une maladie mentale quelconque, ou un etat mental qui vient à être du ressort de la medecine legale.

MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE DE MÉDECINE. *Paris*, 1828, tome Ier, 1 fort vol. in-4., avec six planches .... 20 f.

Ce premier volume que nous annonçons peut être considéré comme la suite et le complément des *Mémoires de la Société royale de Médecine et de l'Académie royale de Chirurgie.* Ces deux Sociétés célèbres sont représentées dans la nouvelle Académie par ce que la science a de plus distingué, soit à Paris, dans les départemens ou à l'étranger. Par cette publication, l'Académie vient de répondre à l'attente de tous les médecins jaloux de suivre les progres de la science. Le premier volume se compose des mémoires suivans :

Ordonnances constitutives et Réglemens de l'Académie royale de Médecine — Liste générale de ses membres résidans et correspondans. — Discours d'ouverture prononcé par M. Pariset, secrétaire perpétuel — Eloges de Corvisart, de Cadet Gassicourt, de Berthollet, de Pinel, de Beauchêne et de Bourru, par *le même.* — Rapport de la Commission chargée de rediger un projet d'instruction relativement aux épidémies, par M. Double. — Compte rendu des travaux de la Section de Médecine, par *le même.* — Discours sur l'histoire et les progrès des sciences pharmaceutiques, par M. Virey. — Mémoire sur le Mutisme, par M. Itard. — Mémoire sur les Phlegmasies cérébrales, par *le même.* — Existe-t-il de nos jours un plus grand nombre de fous qu'il n'en existait il y a quarante ans? par M. Esquirol. — Mémoire sur la mortalité en France dans la classe aisée et dans la classe indigente, par M. Villermé. — Observations sur les effets thérapeutiques de la morphine ou narcéine, par M. Bally. — Mémoire sur la folie des ivrognes, ou sur le délire tremblant, par M. Léveillé. — Mémoire sur les plaies pénétrantes de la poitrine, par M. le baron Larrey. — Observations sur l'operation de la taille, par *le même.* — Mémoire sur une nouvelle

méthode de traiter les anus contre nature ou artificiels, par M. le baron Dupuytren.—Mémoire sur les obstacles apportés à l'accouchement par la mauvaise conformation du fœtus, par M. Dugès. —Analyse de l'écorce du *Solanum pseudoquina*, par M. Vauquelin. — Considérations chimiques sur diverses concrétions du corps humain, par M. Lassaigne. — Recherches analytiques sur la Violette, par M. Boullay, avec des Expériences par MM. Orfila et Chomel. — Mémoire sur l'ipécacuanha, par M. Lemaire Lisancourt.

MEMOIRES DE LA SOCIÉTÉ MÉDICALE D'ÉMULATION DE PARIS, t. ixe. *Paris*, 1826, in-8., fig. 8 f.

Pour montrer que ce nouveau volume n'est pas inférieur à ceux publiés précédemment, il nous suffit de citer les noms des auteurs MM. *Boisseau, Geoffroy Saint Hilaire, Dutrochet, Bibes Bricheteau, Dezeimeris, Bouillaud, Boullaud, Vacquié, Andral, Rodet, Vandekerre, Duchâteau, Chantourelle, Fourcault.*

LA SOLITUDE, par J.-G. Zimmermann, nouvelle traduction de l'allemand, par A.-J.-L. Jourdan. Paris, 1825, un fort vol. in-8. Prix, broché. . . . 7 f.
Le même, papier vélin, cartonné. 14 f.

Personne n'a mieux écrit sur les avantages et les inconvéniens de la solitude que le célèbre Zimmermann; tout son livre est empreint des pensées les plus généreuses; ce livre aussi fortement pensé ne peut manquer d'être recherché avec avidité, et d'autant qu'il est écrit avec ce charme particulier qui caractérise les productions de tous les penseurs mélancoliques.

L'ART DE PROLONGER LA VIE DE L'HOMME, par C.-G. Hufeland, conseiller d'état, premier médecin du roi de Prusse, directeur de l'école de médecine de Berlin, etc. traduit de l'allemand, par A.-J.-L. Jourdan, D. M. P., chevalier de la Légion d'honneur, membre de l'académie royale de médecine, de la société médicale d'émulation, correspondant de l'académie des sciences de Turin. *Paris*, 1824, in-8 . . . . 6 f.

« La durée de la vie, ses conditions, les diverses méthodes mises en usage pour la prolonger, sont étudiées dans la première partie de l'ouvrage de M. Hufeland; les causes qui l'abrègent comprennent la deuxième; dans la troisième, il est question de la santé et de tous les moyens de la maintenir florissante. Une instruction variée, des observations nombreuses, des anecdotes pour la plupart curieuses, rendent la lecture de cet ouvrage fort agréable, et en font un des livres les plus instructifs qu'on puisse lire. En un mot, c'est un livre bien fait, et qu'on est fâché de voir finir. » (*Journal universel des sciences médicales*, juillet 1824.)

TRAITÉ DE LA MALADIE SCROPHULEUSE, ouvrage couronné par l'académie impériale des curieux de la nature, par C.-G. Hufeland, médecin du roi de Prusse; traduit de l'allemand sur la troisième édition (1819); accompagné de notes par J. B. Bousquet, D. M., et suivi d'un Mémoire sur les scrophules, accompagné de quelques réflexions sur le traitement du cancer, par M. le baron Larrey. *Paris*, 1821; in-8. fig. . . . . 6 f.

LECTURES RELATIVES A LA POLICE MÉDICALE, faites au conseil de salubrité de Lyon, en 1826, 1827, 1828; par Et. Sainte-Marie, D. M., membre du conseil de salubrité et de la commission de statistique, membre de plusieurs Sociétés savantes. Paris, 1829. 1 vol. in-8°. . . . . 4 fr.

Cet ouvrage est divisé en dix lectures, dont il nous suffit de donner le titre :
1. Edifices récemment construits; 2. Inondations; 3. Réforme à faire de quelques usages tolérés jusqu'à présent; 4. Méphitisme des murs; 5. Insalubrité des alimens et des boissons; 6. Prostitutions et visite des filles publiques; 7. De l'avortement artificiel; 8. Sur l'hydrophobie; 9. De l'empoisonnement par le vert-de-gris, qui se forme à la surface des ustensiles en cuivre, ou vert-de-gris naturel; 10. De l'huître et de son usage comme aliment, et comme remède.

PRECIS ELEMENTAIRE DE POLICE MEDICALE; par le même. *Paris*, 1824, in-8. 1 fr. 50 c.

NOUVELLE METHODE POUR GUERIR LES MALADIES VENERIENNES INVETEREES qui ont résisté aux traitemens ordinaires; par Et. Sainte-Marie, D. M. *Paris*, 1829, in-8. . . . . 3 f. 50 c.

NOUVEAU FORMULAIRE MEDICAL ET PHARMACEUTIQUE; par le même. *Paris*, 1820, in-8. 5 f.

DISSERTATION SUR LES MEDECINS POETES; par le même. *Paris*, 1825, in-8. 2 f.

LETTRE DE LOUIS-JACQUES BÉGIN à F.-V.-J. BROUSSAIS, médecin en chef, et premier professeur à l'hôpital militaire d'instruction du Val-de-Grâce, chevalier de la Légion d'honneur, membre de l'académie royale de médecine, etc. *Paris*, 1825, in-8. . . . . 1 f. 20 c.

LETTRE A L'ACADÉMIE DES SCIENCES. Examen critique de l'ouvrage de M. le docteur Civiale, intitulé : de la lithotritie, ou broiement de la pierre dans la vessie, et appréciation des faits presentés par ce médecin ; par le baron HEURTELOUP, docteur en médecine. *Paris*, 1827, in 8, fig. . . . . . . 3 f. 50 c.

MANUEL D'ANATOMIE GÉNÉRALE, DESCRIPTIVE ET PATHOLOGIQUE, par F. MECKEL, professeur d'anatomie à l'université de Halle, traduit de l'allemand, et augmenté des faits nouveaux dont la science s'est enrichie jusqu'à ce jour ; par G. BRESCHET et A.-J.-L. JOURDAN, D. M. P. *Paris*, 1825, 3 vol. in-8 de 800 pages chacun, en caractère *petit-romain*. . 28 f.

Depuis long-temps on désirait un livre qui réunît tous les faits importans de l'anatomie générale, de l'anatomie descriptive, de l'anatomie pathologique et de la physiologie. Un pareil travail exigeait des connaissances aussi étendues qu'approfondies; il ne pouvait être exécuté que par l'un des premiers anatomistes du siècle. M. Meckel, qui soutient si dignement l'éclat d'une celébrité médicale héréditaire dans sa famille, et à qui on doit plusieurs autres ouvrages du premier ordre, n'a pas craint d'entreprendre cette tâche pénible. Son traité d'anatomie, considéré comme classique en Allemagne, ne sera pas moins honorablement accueilli chez nous. C'est une des plus belles productions de l'école de Bichat, de ce Bichat que l'Europe envie à la France, et auquel M. Meckel rend le plus brillant hommage qu'un grand talent puisse témoigner au génie, en professant pour lui une admiration sans enthousiasme. On a eu soin, en faisant passer ce manuel dans notre langue, d'y rattacher tous les faits dont le domaine de la science s'est enrichi depuis sa publication. L'un des traducteurs, placé à la tête de l'amphithéâtre d'anatomie de la faculté de médecine de Paris, est à même, par sa position, de s'assurer journellement de l'exactitude comme de la verité des descriptions de Meckel : aussi ne craignons-nous point de l'offrir comme un ouvrage entièrement neuf, sous le double rapport du plan et du mode d'exécution.

MÉMOIRE SUR L'EMPLOI DE L'IODE DANS LES MALADIES SCROPHULEUSES ; lu à l'Académie royale des Sciences dans la séance du 22 juin 1829 ; par J. G. A. LUGOL, médecin de l'hôpital Saint-Louis ; et précédé du Rapport fait par MM. DUMÉRIL, SERRES et MAGENDIE. *Paris*, 1829, in-8. 2 f. 50 c.

MEMOIRES SUR LE TRAITEMENT DES ANUS ARTIFICIELS, DES PLAIES DES INTESTINS, ET DES PLAIES PENETRANTES DE LA POITRINE ; par J.-F. REYBARD, docteur en medecine de la Faculté de Paris, ancien chirurgien des hôpitaux de Lyon, etc. *Paris*, 182., in-8, fig. 4 f. 50 c.

MEMOIRE SUR LES HEMORRHAGIES INTERNES DE L'UTERUS, qui a obtenu le prix au concours ouvert par la Societé de médecine de Paris ; par madame BOIVIN, ex-surveillante en chef de l'hospice de la Maternité, etc. *Paris*, 1819, in-8°. . . . . 3 fr. 50 c.

RECHERCHES SUR UNE DES CAUSES LES PLUS FRÉQUENTES ET LA MOINS CONNUE DE L'AVORTEMENT, suivies d'un Mémoire sur l'intro-pelvimètre, ou mensurateur interne du bassin ; par madame veuve BOIVIN, docteur en médecine de l'Université de Marbourg, sage-femme surveillante en chef de la Maison royale de Santé, etc. *Paris*, 1828, in-8°., fig. . . . . 2 f. 50 c.

OBSERVATIONS ET REFLEXIONS SUR LES CAS D'ABSORPTION DU PLACENTA, par le même. *Paris*, 1829, in-8. . . . . 1 f. 50 c.

MONOGRAPHIE SUR LA RAGE, ouvrage couronné par le Cercle médical de Paris, par A.-F.-C. DE ST.-MARTIN, docteur en médecine de la Faculté de Paris, etc., etc. *Paris*, 1826, in-8. . . . . 6 f.

NOUVEAUX ÉLÉMENS DE PATHOLOGIE MÉDICO-CHIRURGICALE, ou Traité théorique et pratique de médecine et de chirurgie ; par L. Ch. ROCHE, D. M. P., membre de l'Académie royale de médecine, etc. ; et J. L. SANSON D. C. P., chirurgien en second de l'Hôtel-Dieu de Paris ; seconde édition. *Paris*, 1828, 5 vol. in-8., de 600 pages chacun. . . . . 35 f.

Cet ouvrage obtint un succès si rapide, que déjà, avant d'avoir publié le dernier volume, les premiers étaient épuisés. C'est pour répondre à cet empressement du public que les auteurs en font aujourd'hui une *seconde édition*, avec de nombreuses additions et augmentations, et en ont entièrement changé la classification. Du reste, nous reproduisons ici le jugement d'un critique éclairé que la science vient de perdre, que le docteur Urbain Coste porta des premiers volumes de la première édition.

« C'était une périlleuse entreprise que de composer un ouvrage didactique sur les deux branches de la pathologie, à une époque où l'une d'elles, bien qu'émondée par des mains habiles, est encore chargée de nuages, lorsque la science n'est pas, à beaucoup près, réduite en aphorismes, et sous la redoutable prévention de la défaveur, que les essais toujours malheureux ont attachée aux *élémens*, aux *manuels*, et en général à ces compilations serviles qui ont la prétention d'être classique et qui, manquent leur but parce qu'elles disent trop ou pas assez. Le talent de MM. Roche et Sanson a placé leur travail dans un rang qui ne souffre point de parallèle avec les productions analogues qui l'ont précédé. Ici l'exposition fidèle de nos connaissances et de nos acquisitions les plus récentes est animée par une foule d'idées neuves et fécondes, et par la discussion approfondie des doctrines qui sont encore en mouvement. Ainsi, nos auteurs ne sont pas de simples historiens, ce sont aussi des écrivains originaux, et leur originalité n'a rien de bizarre, ni de téméraire; elle fait penser. » (*Nouvelle Bibliothèque médicale*, juillet 1826.)

-- Il reste encore un petit nombre d'exemplaires des tomes 3 et 4 de la première édition. Prix du tome 3. . . . . 5 f.
Tome 4. . . . . 8 f.

[D]E LA NOUVELLE DOCTRINE MÉDICALE, CONSIDÉRÉE SOUS LE RAPPORT DES THÉORIES ET DE LA MORTALITÉ, par L.-Ch. Roche, membre de l'Académie royale de Médecine. *Paris*, 1827, in-8. 4 f.

« Tous les médecins, jaloux de se tenir au courant de la science, tous ceux qui ont observé les progrès [de] la nouvelle doctrine médicale du professeur Broussais, tous ceux enfin qui ont suivi les discussions [qu']elle a fait naître, voudront lire cet écrit. Ils y trouveront la réfutation la plus complète des prin[cip]ales objections qui aient été faites jusqu'à ce jour à cette doctrine, que tant d'efforts n'ont pas encore [pu] ébranler; ils y verront surtout apprécié à sa juste valeur, certain tableau de mortalité du Val-[de]-Grâce, dont on a fait grand bruit, tableau qui devait démontrer que la doctrine physiologique était [d]angereuse, et dont la publication tourne aujourd'hui à la honte des hommes qui l'ont produit. C'est [pa]r des chiffres que M. Roche en démontre toute la fausseté, et par des faits incontestables et des rai[so]nnemens pressés qu'il renverse les conséquences erronées qu'on en avait tirées. Toutes les pièces du [pr]ocès sont mises par lui sous les yeux des lecteurs. Fort de la bonté de sa cause, il aurait craint de lui [nu]ire en ne produisant pas avec la plus scrupuleuse exactitude le texte même des argumens de ses antago[ni]stes. M. Roche a déployé dans ce nouvel écrit toutes les ressources de son talent et toute la puissance [de] sa logique, et il y a semé à pleines mains ces traits vifs et piquans qui animent une discussion et en ren[de]nt la lecture agréable. C'est un livre enfin, qui sera lu avec un égal avantage par les adversaires de [la] nouvelle doctrine et par ses partisans; les premiers y perdront peut-être quelques préventions, et les [se]conds y puiseront certainement de nouveaux motifs de confiance dans la bonté des principes qu'ils ont [ad]optés. »

[N]OUVEAUX ÉLÉMENS D'HYGIÈNE, rédigés suivant les principes de la nouvelle doctrine médicale, par Charles Londe, D. M. P., membre de l'Académie royale de Médecine, de la Société médicale d'Émulation de Paris, de la Société médicale de Londres, etc., etc. *Paris*, 1827, 2 vol. in-8. 12 fr.

L'hygiène est généralement définie, l'*art de conserver la santé*. L'auteur de l'ouvrage que nous [annon]çons, « considère l'hygiène sous un point de vue plus vaste qu'on ne l'avait fait avant lui » (*Bouil[la]ud, Nouv. bib. méd.*). Elle ne borne pas ses avantages, dit-il, à prévenir les dérangemens de nos [or]ganes; elle a encore pour objet de perfectionner ces mêmes organes, et d'offrir les moyens les plus [cer]tains de remédier à leurs altérations. « Toutes les classifications de l'hygiène qu'on avait proposées [jus]qu'ici, étaient plus ou moins vicieuses. . . . M. Londe est le premier qui ait entrepris de coordonner [la] médecine préservative avec la physiologie de nos jours. » (*Boisseau, Journ. univ.*). « Il a envisagé [so]n sujet sous un point de vue vraiment philosophique, et a bien compris l'importance de l'hygiène et [so]n influence énorme sur la société et sur les individus. La classification qu'il présente est plus simple, [plu]s rationnelle que toutes celles qui ont été proposées jusqu'ici. Elle sera aussi plus durable, parce [qu']elle repose sur des bases plus solides, sur les différens systèmes organiques considérés dans leurs [ra]pports. M. Londe définit l'hygiène d'une manière à la fois exacte et claire; *la science qui a pour objet [de] diriger les organes dans l'exercice de leurs fonctions*; il insiste surtout sur des parties de l'hygiène [do]nt on semble même ne pas soupçonner l'existence. » (*Ratier, Archives.*) « Après avoir fait connaître [les] circonstances (tempéramens, âges, sexes, etc.) qui diffèrencient sur l'homme les applications des [rè]gles d'hygiène, après avoir établi les règles d'hygiène générales, c'est-à-dire applicables à tous [les] organes, après, dis-je, ces prolégomènes, M. Londe entre en matière. » « L'ouvrage est divisé [en] deux volumes.

« Le premier comprend toute la vie dite de *relation*, c'est-à-dire la direction des fonctions, au [mo]yen desquelles l'homme entretient des rapports avec le monde extérieur, non-seulement pour ce [qu]i concerne la conservation et le perfectionnement de l'individu, mais encore pour ce qui regarde la [co]nservation et le perfectionnement de l'espèce. Cette première partie, sous quatre sections, em[bra]sse la direction, 1° des *cinq sens*; 2° des *facultés intellectuelles et morales*; 3° des *mouvemens [m]usculaires volontaires*; 4° du *sommeil*, lequel n'est autre chose que le *repos* de la vie de re[lat]ion.

« Le tome deuxième est consacré à la vie de *nutrition*. Il contient la direction, 1° des fonctions par [les]quelles tout être vivant assimile à sa propre nature des substances déterminées qui lui servent à

s'accroître et à se réparer; 2° de ces autres fonctions par lesquelles sont rejetés de l'économie les matériaux impropres à la réparation et à l'accroissement, ainsi que le produit à terme de la conception. Cette seconde partie se compose de trois sections, dans lesquelles M. Londe traite de la direction 1° des fonctions des *organes digestifs*; 2° des fonctions de l'*appareil respiratoire* et *circulatoire*; 3° de celles des organes sécréteurs. »

GYMNASTIQUE MÉDICALE, ou l'exercice appliqué aux organes de l'homme, après les lois de la physiologie et de la thérapeutique; par Ch. Londe, D. M. P., membre de plusieurs sociétés savantes. *Paris*, 1821, in-8... 4 f.

NOSOGRAPHIE ORGANIQUE, ou Traité complet de médecine pratique; par F.-G. Boisseau, D. M. P., membre des Académies royales de Médecine de Paris et de Madrid, de la Société médicale de Moscou, de la Société médicale d'Emulation, etc., etc. *Paris*, 1828-1829, 4 forts vol. in-8......... 34 f.

L'introduction de la physiologie, dans la pathologie le rappel à l'étude des organes, la découverte des signes de la gastro-entérite, le renversement des fièvres essentielles; enfin, la révolution opérée par M. Broussais, dans la science et dans la pratique médicale, faisaient vivement désirer une nouvelle nosographie, où l'état des connaissances médicales actuel fût exposé avec méthode, avec clarté. Telle est la tâche que s'est imposée M. Boisseau, auteur de la *Pyrétologie physiologique*, dont la troisième édition atteste le succès; versé dans l'étude de la médecine antique, disciple indépendant du réformateur, il s'est proposé de tracer un tableau exact et complet des causes et des signes des maladies *considérées dans les organes*, d'unir les vérités anciennes aux vérités nouvelles, de présenter les véritables indications thérapeutiques dans chaque affection, en un mot, de résumer dans l'intérêt des étudians et des praticiens, l'état présent de la pathologie et de la thérapeutique médicale.

PYRÉTOLOGIE PHYSIOLOGIQUE, ou Traité des fièvres considérées dans l'esprit de la nouvelle doctrine médicale, par F.-G. Boisseau, docteur en médecine de la faculté de Paris, membre des académies royales de médecine de Paris et de Madrid. *Troisième édit. Paris*, 1826, 1 vol. in-8. de 725 pag. 9 f.

Trois éditions en moins de trois ans, voilà qui vaut mieux que tous les éloges qu'on pourrait donner à l'ouvrage de M. Boisseau; aussi nous nous contentons de rapporter le jugement que les Archives ont porté sur la 2ᵉ édit. « La première édition de cet ouvrage a été épuisée en moins d'une année; le talent connu de l'auteur, le besoin généralement senti d'un ouvrage de ce genre, propre à faire connaître toutes les variations qu'a éprouvées la doctrine des fièvres, surtout depuis les travaux de M. Broussais, tels sont les élémens du succès de la Pyrétologie de M. Boisseau. L'auteur a fait subir de nombreuses améliorations à son travail; il a revu avec soin les principes de physiologie pathologique qui forment l'introduction de son livre; il a ajouté une foule de détails relatifs au siége, à l'intensité, au diagnostic et au traitement des maladies fébriles. Cet ouvrage, l'un des plus remarquables qui aient paru dans ces derniers temps, est devenu indispensable aux médecins qui s'occupent des progrès de la science, et surtout à ceux qui veulent connaître les nouvelles idées sur la doctrine des fièvres. » (*Archives générales de médecine*, février 1827.)

OBSERVATIONS SUR LA NATURE ET LE TRAITEMENT DE L'HYDROPISIE, par M. Portal, premier médecin du Roi, membre de l'Institut (académie des sciences), président de l'Académie royale de médecine, *Paris*, 1824, 2 vol. in-8. 11 f.

« Cet ouvrage, fruit de la longue pratique d'un médecin dont le grand âge n'a point interrompu les travaux, se recommande aux praticiens par les observations cliniques et les recherches qu'il contient sur les hydropisies en général et sur chaque espèce d'hydropisie en particulier. Il est inutile de consacrer de longues phrases à son éloge; le nom de M. Portal est plus que suffisant pour fixer l'attention du public médical sur une production qui ne peut manquer de prendre une place distinguée parmi les nombreux ouvrages déjà publiés par ce savant médecin. » (*Gazette de santé*, n° XIII, mai 1824.)

OBSERVATIONS SUR LA NATURE ET LE TRAITEMENT DE L'ÉPILEPSIE; par M. Portal, premier médecin du Roi, membre de l'Institut, etc. Paris, 1827, 1 vol. in-8. 8 f.

ŒUVRES CHIRURGICALES D'ASTLEY COOPER ET B. TRAVERS; contenant des mémoires sur les luxations, l'inflammation de l'iris, la ligature de l'aorte, le phimosis et le paraphimosis, l'exostose, les ouvertures contre nature de l'urèthre, les blessures et les ligatures des veines, les fractures du col du fémur et les tumeurs enkystées, traduites de l'anglais par G. Bertrand, docteur en médecine, avec 21 planches. *Paris*, 1823, 2 vol. in-8...... 14 f.

« Personne n'ignore le nom d'Astley Cooper, et tous les chirurgiens français sont désireux de connaître la pratique de ce célèbre opérateur anglais; nous ne doutons donc point que cette traduction ne soit bien accueillie. Les personnes qui désirent rallier la doctrine physiologique à la chirurgie se réjouiront particulièrement de cette nouvelle acquisition, qui leur fournira de nouveaux

» moyens d'exécuter un rapprochement si nécessaire. » (*Annales de la médecine physiologique*, par Broussais, juin 1823.)

ŒUVRES DE MÉDECINE PRATIQUE de Pujol de Castres, D. M., contenant : Essai sur les inflammations chroniques des viscères, les maladies lymphatiques, l'art d'exciter ou de modérer la fièvre pour la guérison des maladies chroniques, des maladies de la peau, les maladies héréditaires, le vice scrophuleux, le rachitisme, la fièvre puerpérale, la colique hépatique par cause calculeuse, etc., avec une notice sur la vie et les travaux de l'auteur, et des additions, par F.-G. Boisseau, D. M. P. *Paris*, 1823, 4 vol. in-8, br. 15 fr.

« Les ouvrages de Pujol sont peu connus ; ils méritaient de l'être, car ce médecin est celui qui, parmi nos compatriotes, a le premier compris que l'inflammation jouait un rôle très-important dans les affections chroniques. Ils sont précieux, et l'on doit de la reconnaissance à M. Boisseau de nous avoir facilité la lecture de cet auteur, dont l'édition était épuisée. » (*Annales de la médecine physiologique*, par Broussais, janvier 1823.)

PHARMACOPÉE UNIVERSELLE, ou Conspectus des pharmacopées d'Amsterdam, Anvers, Dublin, Edimbourg, Ferrare, Genève, Londres, Oldembourg, Wurzbourg ; américaine, autrichienne, batave, belge, danoise, espagnole, finlandaise, française, hanovrienne, polonaise, portugaise, prussienne, russe, saxe, saxonne, suédoise et wurtembergeoise ; des dispensaires de Brunswick, de Fulde, de la Hesse, de la Lippe et du Palatinat ; des pharmacopées militaires de Danemarck, de France, de Prusse et de Wurzbourg ; de la pharmacopée des pauvres de Hambourg ; des formulaires et pharmacopées d'Augustin, Cories, Brera, Brugnatelli, Cadet de Gassicourt, Cox, Ellis, Hufeland, Magendie, Piderit, Pierquin, Ratier, Saunders, Sainte-Marie, Spielmann, Swediauer et Van Mons ; ouvrage contenant les caractères essentiels et la synonymie de toutes les substances citées dans ces recueils avec l'indication, à chaque préparation, de ceux qui l'ont adoptée, des procédés divers recommandés pour l'exécuter, des variantes qu'elle présente dans les différens formulaires, des noms officinaux sous lesquels on la désigne dans divers pays, et des doses auxquelles on l'administre ; par A. J.-L. Jourdan, docteur en médecine, membre des Académies royales de Médecine de Paris, des Sciences de Turin, etc. *Paris*, 1828, 2 vol. in-8° dont chacun à près de 800 pag., à deux colonnes. . . . . 24 f.

PHARMACOPÉE FRANÇAISE, ou Code des médicamens, nouvelle traduction du *Codex medicamentarius, sive pharmacopœa gallica*, par F. S. Ratier, docteur en médecine de la Faculté de Paris, etc., avec notes et additions contenant la formule et le mode de préparation des nouveaux médicamens dont la pratique s'est enrichie jusqu'à nos jours d'un grand nombre d'analyses chimiques, et suivie d'une table synoptique des eaux minérales de France, par M. Henry fils, pharmacien de la pharmacie centrale des hôpitaux civils de Paris. *Paris*, 1827, 1 vol. in-8. . . . . 8 f.

MM. Ratier et Henry fils, déjà avantageusement connus par des travaux importans, ont pensé qu'ils rendraient un véritable service en offrant une nouvelle traduction (mise au niveau des connaissances actuelles) de cet ouvrage qui commençait à vieillir par les progrès toujours croissans de la chimie pharmaceutique. M. Henry, que sa position met à même de préparer chaque jour en grand toutes les formules dont il est question dans cet ouvrage, ne s'est pas contenté d'indiquer toutes les corrections qui étaient réclamées dans plusieurs points assez importans, mais aussi de joindre un grand nombre d'additions devenues indispensables ; aussi y trouve-t-on la formule et le mode de préparation de tous les nouveaux médicamens introduits jusqu'à ce jour dans la pratique. Partout on y reconnaîtra un praticien habile, doué d'une vaste instruction.

Afin de conserver à cet ouvrage sa forme officielle pour les Pharmaciens, et qu'il puisse leur remplacer le *Codex*, les Éditeurs ont eu soin de respecter le texte et d'indiquer d'une manière très-claire les additions ou corrections qu'ils ont crues nécessaires.

FORMULAIRE PRATIQUE DES HOPITAUX CIVILS DE PARIS, ou Recueil des prescriptions médicamenteuses employées par les médecins et chirurgiens de ces établissemens, avec des notes sur les doses, le mode d'administration, les applications particulières, et des considérations générales sur chaque hôpital, sur le genre d'affections auquel il est spécialement destiné, et sur la doctrine des praticiens qui le dirigent ; par F. S. Ratier, docteur en médecin de la Faculté de Paris, *troisième édition*. *Paris*, 1827, 1 vol. in-18. . . . . 4 f.

« L'auteur a su faire un choix judicieux parmi l'immense quantité de formules pharmaceutiques employées dans les hôpitaux. Un pareil recueil ne peut manquer d'être recherché par les nombreux élèves qui fréquentent ces établissemens. Ils y trouveront la composition des médicamens qu'ils entendent journellement prescrire par les professeurs de clinique. Les notes qui accompagnent chaque formule sont, en général, rédigées dans un bon esprit. Ce nouveau Formulaire sera également utile aux élèves qui suivent les hôpitaux et aux médecins livrés à la pratique civile. Il offre en outre un avantage précieux : c'est de révéler, en quelque sorte, les méthodes curatives de plusieurs praticiens, et par conséquent de pouvoir servir de pièce de conviction relativement à leurs principes de pathologie. » (*Archives générales de médecine*, janvier 1828.)

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE MATIÈRE MÉDICALE; par F. S. RATIER, Docteur en médecine de la Faculté de Paris, membre de plusieurs Sociétés savantes. *Paris*, 1829, 2 vol. in-8. . . . . 10 f. 50 c.

A mesure qu'une science s'enrichit de faits et de découvertes, il devient nécessaire qu'un esprit exact les rassemble, les mette en présence et en discute la valeur. C'est cette tâche que M. Ratier vient de remplir pour la matière médicale; il apporte dans cette étude un scepticisme qui bien rarement y a présidé; il dit ce qui est constaté par l'expérience, ce qui est à vérifier, ce qui est évidemment faux; il indique aux recherches des praticiens les points obscurs et litigieux. Dans beaucoup de cas, il ajoute aux connaissances actuelles; souvent il signale des lacunes, et ce qui est plus dangereux encore, de fausses connaissances. Cet ouvrage formera la transition entre les anciennes et les nouvelles doctrines médicales. Partout il se montre indépendant des unes et des autres, pour se borner à l'exposition fidèle des faits.

PHYSIOLOGIE DES TEMPÉRAMENS OU CONSTITUTIONS, nouvelle doctrine applicable à la médecine-pratique, à l'hygiène, à l'histoire naturelle et à la philosophie, par M. THOMAS (de Thoisvèvres) D. M. P. médecin attaché à l'hôpital Beaujon. *Paris*, 1826, in-8. . . . . 4 f. 50 c.

PHILOSOPHIE ANATOMIQUE, par M. ET. GEOFFROY-SAINT-HILAIRE, membre de l'Institut, professeur de zoologie au Muséum d'Histoire naturelle, etc. — Tome premier. *Des Organes respiratoires*, 1 vol. in-8, *Paris*, 1818, atlas in-4. . . . . 10 f.
— Tome II. *Monstruosités humaines*, *Paris*, 1823, 1 vol. in-8, atlas in-4. . . . . 12 f.

Ouvrage rempli de vues neuves et d'ingénieux aperçus. Dans le premier volume, l'auteur développe en plusieurs Mémoires sa nouvelle méthode pour déterminer rigoureusement les organes. Cette méthode repose sur quatre principes qui sont : la théorie des analogues, le principe des connexions, les affinités électives des élémens organiques et le balancement des organes. Dans le deuxième volume, M. Geoffroy démontre l'application nette et facile de sa méthode à tous les cas d'organisation les plus singuliers et les plus difficiles à ramener; il a cherché pour cet effet, les monstruosités les plus horribles et les plus désordonnées, et trouvé, la cause étant connue, que l'ordre le plus admirable règne dans ces compositions qui paraissent bizarres à quiconque les envisage superficiellement.

PRÉCIS DE BIBLIOGRAPHIE MÉDICALE, contenant l'indication et la classification des ouvrages les meilleurs, les plus utiles; la description des livres de luxe et des éditions rares, et des tables pour servir à l'histoire de la médecine; par J.-B. MONTFALCON, médecin de l'Hôtel-Dieu de Lyon. *Paris*, 1827. Un fort vol. in-18, pap. vélin. . . . . 6 fr. 50 c.

Trop long temps négligée en France, la Bibliographie médicale est devenue aujourd'hui une science, et c'est pour répondre au besoin de l'époque, que M. Montfalcon a entrepris ce travail, qui demandait beaucoup de recherches et surtout beaucoup d'exactitude; afin d'en faire mieux sentir l'utilité, nous nous contenterons d'en indiquer les principales divisions. 1° L'auteur, dans l'introduction de son livre, qui n'est pas la partie la moins intéressante, expose l'origine de l'imprimerie, des notions relatives à l'impression même des livres, à la reliure, à la disposition matérielle des bibliothèques; il indique les gravures et les bustes qui doivent orner le cabinet du médecin, puis il présente des généralités sur les nosographies, les monographies, les journaux, les collections académiques et les dictionnaires; sur l'esprit qui dirige les écoles de Paris, de Montpellier, sous le titre de *Dictionnaire*. Il présente la liste des auteurs, et celle des ouvrages qu'il a jugés les meilleurs et les plus utiles accompagnées très-souvent de courtes remarques critiques, rédigées dans un excellent esprit. 2° la classification par ordre de matière d'une bibliothèque de médecine; vient ensuite une table des auteurs classiques spécialement nécessaires à l'étudiant et au médecin praticien; une bibliographie complète des ouvrages publiés sur, pour et contre la nouvelle doctrine médicale de M. Broussais; 4° une table chronologique de l'histoire de la médecine; 5° une table de la naissance et de la mort des auteurs; 6° une liste détaillée des productions que les princes de la médecine nous ont laissées; enfin, une table méthodique des auteurs qui ont écrit sur la Bibliographie médicale.

PRATIQUE DES ACCOUCHEMENS, ou Mémoires et observations choisis sur les points les plus importans de l'art, par madame LACHAPELLE, sage-femme en chef de la maison d'accouchement de Paris, publiée par A. DUGÈS,

son neveu, D. M. P., professeur d'accouchement à la faculté de médecine, Montpellier, avec une notice sur la vie et les travaux de madame LACAPELLE, par M. le proffesseur CHAUSSIER. *Paris*, 1821—1825, 3 vol. in-8 .... 20 f.
Les tomes II et III séparément, 2 vol. in-8 .... 13 f.

C'est après *trente années* d'une pratique continue en qualité de sage-femme en chef de la maison d'accouchemens de Paris, et plus de *quarante mille accouchemens* opérés naturellement ou artificiellement, que madame Lachapelle livre à la méditation des gens de l'art le fruit de sa longue expérience. Son livre est un cours de clinique complet des accouchemens, et qui, pour nous servir des expressions de M. le professeur Chaussier, est riche d'un grand nombre d'observations nouvelles, de réflexions judicieuses, qui doivent obtenir l'approbation de tous ceux qui se livrent à l'art des accouchemens.

PRECIS DESCRIPTIF SUR LES INSTRUMENS DE CHIRURGIE ANCIENS ET MODERNES; contenant la description de chaque instrument, le nom de ceux qui y ont apporté des modifications, et ceux préférés aujourd'hui par nos meilleurs praticiens, et l'indication des qualités que l'on doit rechercher dans chaque instrument; par HENRY, coutelier, fabricant d'instrumens de chirurgie; Paris, 1825, un vol. in-8, avec pl .... 7 f.

PRÉSAGES TIRÉS DU POULS, d'après l'école sphygmique, par J. LAVY, docteur en médecine de la Faculté de Turin. *Paris*, 1824, in-8 .... 6 f.

PRINCIPES DE PHYSIOLOGIE MEDICALE; par Isid. BOURDON, D. M. P., de l'Académie royale de Médecine, médecin des Dispensaires, etc., 2 vol. in-8 .... 12 f.

Cet ouvrage, qui embrasse toute la science de l'homme sain et malade, est divisé en sept livres, divisés en cent quatre-vingt-sept chapitres, dont nous citerons les suivans: LIVRE I[er]. De la vie (*dix-sept chapitres*). Caractères de la vie. — Corps vivans. — Organisation de l'homme. — Caractère de l'homme au physique et au moral. — LIVRE II. Du système nerveux (*vingt-cinq chapitres*). Idée générale des nerfs. — Du cerveau et de ses fonctions. — Rôle des nerfs dans les maladies. — Liste des meilleurs auteurs qui ont écrit sur ce sujet. — LIVRE III. Des sensations (*trente-trois chapitres*). Sensibilité en général. — Exposé des cinq sens. — Histoire des aveugles-nés de Paris. — Sensations intérieures. — LIVRE IV. De l'intelligence (*vingt-cinq chapitres*). Organisation nuisible ou favorable à l'intelligence. — Siége des passions. — Influence qu'ont sur l'esprit, l'âge, le sexe, les professions, l'hérédité. — Les difformités, le climat, les gouvernemens, la médecine actuelle. — Système de Gall. — Du délire et de la folie. — LIVRE V. Mouvemens et fonctions de la vie humaine. — Circulation du sang. — Causes des épidémies. — Comment reconnaître les diverses maladies des poumons, etc. — LIVRE VI. Histoire du sommeil et des songes. — LIVRE VII. Histoire du sang, de ses sources, de ses produits. — Génération de l'homme. — Cet ouvrage est précédé d'un discours sur l'étude générale de l'homme.

RECHERCHES SUR LE MÉCANISME DE LA RESPIRATION et sur la circulation du sang, essais qui ont obtenu une mention honorable au concours de l'Institut; par Isid. BOURDON. D. M. P. *Paris*, 1820, in-8 .... 2 f.

DE L'INFLUENCE DE LA PESANTEUR SUR QUELQUES PHÉNOMÈNES DE LA VIE, par Isid. Bourdon, docteur en médecine de la faculté de Paris. *Paris*, 1823, in 8 .... 75 c.

RAPPORTS DU PHYSIQUE ET DU MORAL DE L'HOMME, par P.-J.-G. CABANIS, de l'Institut, professeur de la faculté de médecine de Paris, précédés d'une table analytique, par M. le comte DESTUTT DE TRACY, et suivis d'une table alphabétique; nouvelle édition, *Paris*, 1824, 3 vol. in-12 de 1,100 pages .... 8 f.

Les *Rapports du physique et du moral de l'homme* sont regardés avec raison comme le plus beau titre de gloire de Cabanis cet ouvrage est connu; il a subi l'épreuve du temps, attaqué, défendu avec talent, ce beau monument, élevé par la physiologie à la philosophie, est demeuré en possession de l'estime du public. *Cet écrit*, est-il dit dans la BIOGRAPHIE UNIVERSELLE, *est*

tiné à tenir sa place parmi les plus beaux morceaux de haute philosophie qui existent en notre langue. Une édition de cet ouvrage classique, faite sur la dernière publiée par l'auteur, tout à la fois correcte et d'un prix modéré, ne peut manquer d'être bien accueillie.

Nous avons conservé l'extrait analytique fait avec un si grand talent par M. le comte Destutt de Tracy, et nous y avons joint une notice sur la vie de Cabanis.

RAPPORT sur l'origine, les progrès, la propagation par voie de contagion, et la cessation de LA FIÈVRE JAUNE qui a régné, en 1821, à Barcelone; présenté le 14 mars 1822 à Son Exc. le chef politique supérieur de la Catalogne, en exécution du décret des cortès extraordinaire, par l'académie nationale de médecine de Barcelone, traduit de l'espagnol par P. Rayer, docteur en médecine. *Paris*, 1822; in-8, br .... 2 f.

RAPPORT HISTORIQUE SUR LES PROGRÈS DES SCIENCES NATURELLES depuis 1789, et sur leur état actuel présenté au gouvernement en 1808, par l'institut, rédigé par M. le baron G. Cuvier, membre de l'Institut, conseiller d'état, professeur administrateur du Museum d'histoire Naturelle, nouvelle édition. *Paris*, 1827, in-8 .... 6 f. 50 c.

RECHERCHES ANATOMIQUES, PATHOLOGIQUES ET THERAPEUTIQUES sur la maladie connue sous les noms de gastro-entérite, fièvre putride, adynamique, ataxique, typhoïde, etc., etc., considérée dans ses rapports avec les autres affections aiguës; par M. Louis, D. M. P., médecin de l'hôpital de la Pitié, membre de l'Académie royale de Médecine, ancien chef de clinique à l'Hôpital de la Charité de Paris, etc.; *ouvrage qui vient d'obtenir le prix au concours de l'Institut royal de France. Paris*, 1828, 2 vol. in-8 .... 13 f.

Il n'existe pas en médecine de sujet qui ait plus occupé que l'étude des fièvres; il n'en est pas qui ait été plus long-temps environné d'obscurités. Parmi les ouvrages qui auront le plus contribué à éclairer cette matière, on placera certainement au premier rang celui de M. Louis.

C'est après avoir observé pendant six années à l'hôpital de la Charité de Paris tous les sujets atteints de maladies aiguës, que M. Louis publie aujourd'hui le résultat de ces observations. Son ouvrage est divisé en quatre parties : la première est consacrée à l'histoire des sujets qui ont succombé à des distances très-inégales du début, et chez lesquels les symptômes et les lésions étaient également bien prononcés; dans la seconde, il fait la description des lésions chez les sujets emportés par le typhus et chez ceux qui avaient succombé à d'autres maladies aiguës: puis il expose les principales causes de mort chez les uns et les autres. La troisième partie contient l'histoire des symptômes chez les malades qui sont morts et chez ceux qui ont guéri, celle du diagnostic, des observations relatives à la perforation de l'intestin grêle et aux causes de l'affection, qui est l'objet de cet ouvrage. La quatrième partie offre l'analyse des faits relatifs à l'action de la saignée, à celle des toniques, des vésicatoires, de la glace sur la tête, et est terminée par l'exposition des principales règles de traitement. Cet ouvrage est celui d'un bon observateur; il sera lu et médité par tous les médecins qui aiment à suivre les progrès de la science.

RECHERCHES SUR LA NATURE ET LE TRAITEMENT DU CANCER DE L'ESTOMAC; par René Prus, docteur en médecine de la Faculté de Paris. *Paris*, 1828, 1 vol. in 8. .... 4 fr.

RECHERCHES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES SUR LA STRUCTURE INTIME DES ANIMAUX ET DES VÉGÉTAUX ET SUR LEUR MOTILITÉ, par M. Dutrochet, D. M. P., correspondant de l'Institut de France (académie royale des sciences, etc.). *Paris*, 1824, in-8, avec deux planches .... 4 f.

NOUVELLES RECHERCHES SUR L'ENDOSMOSE ET L'EXOSMOSE, par H. Dutrochet, D. M. P., correspondant de l'Institut. *Paris*, 1828, in-8. fig .... 2 f. 50 c.

L'AGENT IMMÉDIAT DU MOUVEMENT VITAL DÉVOILÉ DANS SA NATURE ET DANS SON MODE D'ACTION CHEZ LES ANIMAUX ET VÉGÉTAUX, *ouvrage faisant suite au précédent*, par Dutrochet. *Paris*, 1826, 1 vol. in-8. .... 4 fr.

Le célèbre Cuvier n'a pas cru pouvoir mieux caractériser le genre de mérite de M. Dutrochet qu'en le qualifiant d'*observateur exact et ingénieux*, et c'est surtout dans ces ouvrages qu'il a

fait preuve d'un grand talent d'observation. Ici ce ne sont point des théories, mais des faits exposés avec clarté et méthode, des expériences basées sur la saine physiologie, et qui sont de tous les pays, parce qu'elles sont exactes.

RECHERCHES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES SUR LES CAS D'UTÉRUS DOUBLE ET DE SUPERFÉTATION; par A. L. Cassan, docteur en médecine de la Faculté de Paris, ancien interne des hôpitaux. *Paris*, 1826, in-8 .... 2 f. 50 c.

Des faits exacts bien rapportés feront rechercher ce petit ouvrage non-seulement des anatomistes et des chirurgiens, mais aussi des médecins qui s'occupent de médecine légale.

RÉFLEXIONS ET OBSERVATIONS ANATOMICO-CHIRURGICALES SUR L'ANÉVRYSME SPONTANÉ EN GÉNÉRAL, et en particulier sur celui de l'artère fémorale; par J.-L.-L. Casamayor, docteur en médecine de la Faculté de Paris, etc. *Paris*, 1825, in-8 .... 6 f.

Des observations nombreuses bien faites, l'histoire la plus complète des opérations qui ont été pratiquées tant en France qu'à l'étranger, l'examen des divers procédés opératoires qui ont été proposés par les plus grands maîtres, sont les principaux points que traite M. Casamayor. L'ouvrage de M. Casamayor occupera une place distinguée dans la bibliothèque du chirurgien, à côté de ceux de Scarpa et de Hodgson sur l'anévrysme.

RÉVISION DES NOUVELLES DOCTRINES CHIMICO-PHYSIOLOGIQUES, suivie d'expériences relatives à la respiration; par M. Coutanceau, D. M. P., médecin et professeur à l'hôpital militaire d'instruction du Val-de-Grâce, membre de l'académie royale de médecine, de la légion d'honneur, etc. *Paris*, 1821; in-8, br .... 5 f.

RUDIMENTA HYGIENES PATHOLOGIÆ THERAPEUTIÆ, epitome nosologiæ ad instituendos chirurgiæ studiosos in regio taurinensi athenæo; professoris H. Garneri, chirurgi primari in regio ptochotrophio. *Turin*, 1821, in-8 .... 6 f.

SUR LES FONCTIONS DU CERVEAU ET SUR CELLES DE CHACUNE DE SES PARTIES, avec des observations sur la possibilité de reconnaître les instincts, les penchans, les talens, ou les dispositions morales et intellectuelles des hommes et des animaux, par la configuration de leur cerveau et de leur tête: par le docteur F.-J. Gall. *Paris*, 1825, 6 forts vol. in-8. br .... 42 f.

Nous ne pouvons donner que des idées très imparfaites des travaux physiologiques de M. Gall. A chaque traité se rattachent des considérations aussi importantes que nouvelles sur une foule d'objets, par exemple, sur le suicide, sur l'infanticide, sur une loi générale des évacuations périodiques, non-seulement chez la femme, mais aussi chez l'homme et chez diverses espèces d'animaux, sur la manière de juger les têtes des diverses nations, sur la physiognomonique et la pathognomonique, sur la loi de la mimique. Partout des faits intéressans, des aperçus ingénieux, des questions de la plus haute philosophie sur les motifs de nos actions, sur l'origine des arts et des sciences, sur la perfectibilité de l'espèce humaine, sur l'étendue du monde de chaque être vivant, etc. En vain chercherait-on dans un autre ouvrage l'histoire naturelle des aptitudes industrielles, des instincts, des penchans, des passions, des qualités morales et des facultés intellectuelles de l'homme et des animaux. L'on a appris beaucoup lorsqu'on a lu M. Gall; on le relit, on le consulte toujours avec fruit, lorsqu'on médite sur le sujet qu'il traite: c'est un ouvrage vraiment classique et unique dans son genre; il y règne un ordre éminemment philosophique dans la distribution des matières. Comme M. Gall voulait le rendre aussi utile aux philosophes, aux moralistes, aux jurisconsultes, aux peintres, aux sculpteurs, etc., qu'à ses confrères les médecins, il a dépouillé son ouvrage des termes techniques; son style est partout clair, facile, et il a parfaitement réussi à mettre les sujets même les plus importans à la portée de toutes les classes de lecteurs.

Les personnes qui n'ont pas encore retiré les derniers volumes sont priées de les faire prendre dans le plus court délai possible, au prix de 7 francs chaque.

TABLEAU ÉLÉMENTAIRE D'ORNITHOLOGIE, ou Histoire naturelle des oiseaux que l'on rencontre communément en France, suivi d'un Traité sur la manière de conserver leurs dépouilles pour en former des collections, par Sébastien-Gérardin, professeur d'Histoire naturelle, attaché au Muséum d'histoire naturelle de Paris, etc. *Paris*, 1822, 2 vol. in-8. et atlas de 41 planches in-4 .... 21 f.

Le but de l'auteur, en publiant cet ouvrage, a été de faciliter aux jeunes gens l'étude de cette partie si intéressante de l'Histoire naturelle; c'est pourquoi il a classé son livre dans un ordre méthodique correspondant aux planches, qui ont été disposées de manière à offrir, dans les espèces qu'elles représentent, les caractères distinctifs qui sont propres à chaque ordre, à chaque section, à

chaque famille, à chaque tribu ou à chaque espèce. Plusieurs planches sont consacrées pour représenter les divers instrumens que l'on emploie pour préparer la peau des animaux afin d'en former des collections; des instructions sur la manière de disposer un cabinet d'Histoire naturelle, celle de se procurer les nids et les œufs des oiseaux; et enfin l'explication des diverses espèces de piéges que l'on emploie dans divers pays pour prendre les oiseaux.

THÉORIE NOUVELLE DE LA PHTHISIE PULMONAIRE, augmentée de la méthode préservative, par M. LANTHOIS, docteur en médecine, etc. *Deuxième édition.* Paris, 1818, in-8 .... 6 f.

TORTI (F.) THERAPEUTICE SPECIALIS AD FEBRES PERIODICAS PERNICIOSAS; nova editio edentibus et curantibus C. C. F. Tombeur et O. Brixhe, D. M. Leodii et Parisiis. 1821, 2 vol. in-8. fig............ 16 f.

TOPOGRAPHIE MÉDICALE DE PARIS, ou Examen général des causes qui peuvent avoir une influence marquée sur la santé des habitans de cette ville, le caractère de leurs maladies et le choix des précautions hygiéniques qui leur sont applicables; dédiée à M. le comte Chabrol de Volvic, préfet du département de la Seine, par C. LACHAISE, docteur en médecine de la faculté de Paris, etc. *Paris*, 1822, in-8 .... 5 f. 50 c.

« Cet ouvrage est divisé en cinq chapitres, dans lesquels l'auteur traite successivement de la position relative et directe de la ville, sa figure, son étendue, sa température, de l'histoire naturelle de Paris et de ses environs. Il passe en revue les causes qui peuvent avoir une influence sur la salubrité de Paris. A cette occasion, il fait, à l'égard des douze arrondissemens municipaux qui composent la ville, des observations très-importantes. Il recherche, dans la disposition des divers quartiers et dans le genre d'ateliers qu'ils renferment, les causes qui décident de leur salubrité comparative, et propose, d'une part, des moyens d'assainissement, de l'autre, des précautions hygiéniques propres à soustraire les habitans à l'action des causes insalubres. Il examine l'habitant de Paris tant au physique qu'au moral, et termine par le tableau des constitutions médicales. » (*Journal général de médecine*, t. LXXXI, octobre 1822.)

TRAITÉ DE CHIMIE, par J. J. Berzélius, traduit par A. J. L. JOURDAN, sur les manuscrits inédits de l'auteur, et sur la dernière édition allemande. *Paris*, 1829, 8 vol. in-8; ouvrage publié par souscription. Prix de chaque volume. 7 f. (*Le tome I est en vente.*)

Les nombreuses découvertes dont M. Berzélius a enrichi la science, surtout l'établissement de la doctrine des proportions définies et de la théorie atomistique, lui ont valu l'estime des chimistes les plus distingués, et faisait vivement désirer la publication de l'ouvrage complet de ce célèbre chimiste.

Les nombreuses additions manuscrites que l'auteur a bien voulu communiquer, doivent faire regarder cette traduction comme une véritable édition nouvelle, non-seulement les dernières opinions de l'auteur y sont consignées, mais encore tout ce qui a été découvert d'essentiel jusqu'à ce jour.

TRAITÉ DES MALADIES DU CŒUR ET DES GROS VAISSEAUX, par R.-J. BERTIN, professeur de la faculté de médecine de Paris, médecin en chef de l'hôpital Cochin, rédigé par J. BOUILLAUD. *Paris*, 1824; 1 vol. in-8. avec six planches.......................... 7 f.

Fruit de vingt années de recherches, et de l'application du stéthoscope à l'étude des maladies du cœur, l'ouvrage de MM. Bertin et Bouillaud peut être considéré comme la monographie la plus complète que nous possédions sur ce sujet: riche d'un grand nombre d'observations pathologiques intéressantes et de faits nouveaux, observations et faits particuliers d'après le rapprochement desquels a été composée l'histoire générale des maladies auxquelles ils se rapportent, nous dirons que les plus graves de ces maladies, telles que l'hypertrophie et l'anévrysme du cœur, le rétrécissement de ses orifices, etc., sont décrites avec tant d'exactitude, et sous des traits tellement frappans, que tout médecin un peu exercé pourra désormais les reconnaître avec la plus grande facilité, et par suite les traiter avec plus de succès qu'on ne l'a fait jusqu'ici.

TRAITÉ CLINIQUE ET PHYSIOLOGIQUE DE L'ENCÉPHALITE OU INFLAMMATION DU CERVEAU et de ses suites, telles que le ramollissement, la suppuration, les tubercules, le squirrhe, le cancer, etc.; par J. BOUILLAUD, docteur en médecine de la faculté de Paris, ancien interne des hôpitaux de la même ville, membre de plusieurs sociétés savantes. *Paris*, 1825, in-8 .... 6 f.

« M. BOUILLAUD a rassemblé et disposé avec discernement un grand nombre d'observations; la plupart ont été recueillies par lui-même; il a su en déduire l'histoire la plus complète que nous possédions sur l'encéphalite. Le livre qu'il vient de publier, essentiellement dans les principes de la nouvelle doctrine médicale, est très-propre à démontrer, s'il en était besoin, la solidité des bases sur lesquelles repose cette dernière. Il justifie parfaitement son titre, et est destiné à prendre place au premier rang des meilleurs écrits que nous possédions sur les maladies des organes encéphaliques. » (*Journal général de médecine*, t. XCII, août 1825.)

TRAITÉ CLINIQUE ET EXPÉRIMENTAL DES FIÈVRES DITES ESSENTIELLES; par J. Bouillaud, docteur en médecine de la faculté de Paris, ancien interne des hôpitaux de la même ville, Membre de l'Académie royale de Médecine, etc. *Paris*, 1826; in-8. . . . 7 fr.

Des faits nombreux puisés dans l'observation clinique et dans l'observation expérimental résultent de cette double source de toutes les vérités médicales; car ce n'est qu'en exploitant cette riche et féconde mine du domaine de l'anatomie pathologique que l'on parviendra à nous expliquer tous les mystères de la doctrine pyrétologique; les observations que renferme ce traité n'ont été recueillies dans l'esprit d'aucun système. Pour bien observer, il faut voir les objets tels que la nature les présente à nos regards, et pour les voir ainsi, il faut être exempt de prévention. Véritable traité d'expérience cet ouvrage jette le plus grand jour sur la nature, le diagnostic et la thérapeutique des fièvres.

TRAITÉ DES MALADIES DES ENFANS NOUVEAUX-NÉS ET A LA MAMELLE, fondé sur de nouvelles observations cliniques et d'anatomie pathologique faites à l'hôpital des Enfans-Trouvés de Paris, dans le service de M. Baron; par C. Billard, D. M. P., ancien interne de cet hôpital. *Paris*, 1828, 1 fort vol. in-8. . . . 8 f.

ATLAS D'ANATOMIE PATHOLOGIQUE, pour servir à l'histoire des maladies des enfans; par C. Billard, D. M. P. *Paris*, 1828, in-4, de dix planches, avec un texte explicatif. . . . 10 f.

Les planches, exécutées sur les dessins de l'auteur, ont été gravées, imprimées en couleur, et retouchées au pinceau avec soin par M. Duménil.

Dans cet ouvrage, le but principal de l'auteur est d'exposer les caractères des symptômes propres aux maladies des enfans, et de les considérer dans leurs rapports avec les altérations des organes. Il a passé successivement en revue tous les appareils; il s'est appliqué à étudier les variétés de forme et d'aspect de chaque organe considéré dans l'état sain, dans l'état normal el dans l'état pathologique; et ce n'est qu'après avoir discuté et apprécié la valeur des symptômes et la nature des des lésions anatomiques, qu'il a exposé comme une dernière induction les méthodes de traitement. — En parlant des vices de conformation, il a particulièrement fait ressortir ceux qui pouvaient donner lieu à quelques symptômes pendant la vie, et troubler ainsi les diverses fonctions de l'enfant. Partout enfin, en rapportant l'histoire de chaque maladie, il a fait en sorte de n'aborder que les discussions susceptibles d'être éclairées par des faits.

TRAITÉ ELÉMENTAIRE DE L'ART DES ACCOUCHEMENS, ou principes de tocologie et d'embryologie; par A. A. L. M. Velpeau, D. L. P., professeur d'accouchement, agrégé à la Faculté de Paris. *Paris*, 1829, 2 vol. in-8. . . . 12 f.

Cet ouvrage est le texte des leçons publiques, faites par l'auteur à un nombreux auditoire depuis près de dix ans. Aujourd'hui, que tout marche avec tant de rapidité et que chaque moment est marqué par de nouveaux besoins, un livre dans lequel on a su mettre à profit, non-seulement tous les travaux des écrivains français et étrangers, mais encore de nombreux matériaux fournit par une grande pratique dans les hôpitaux et dans l'enseignement, ne peut manquer d'intéresser toutes les personnes qui suivent les progrès de la science.

La partie consacrée à l'*embryologie* fixera l'attention des physiologistes et des anatomistes: c'est une lacune qui existe dans tout les traités d'accouchemens, personne, mieux que M. Velpeau, ne pouvait la remplir, car, on sait que depuis long-temps il en fait l'objet d'une étude particulière, et ce n'est qu'après avoir disséqué environ 140 produits de conception, âgés de moins de trois mois qu'il hasarde ses opinions.

TRAITÉ DE LA MÉTHODE FUMIGATOIRE, ou de l'emploi médical des bains et douches de vapeurs, avec planches; par T. Rapou, D. M. P., ancien chirurgien en chef de l'hôpital de Lyon, etc. Paris, 1824, 2 vol. in-8. . . 12 f.

Dans la première partie de cet ouvrage, l'auteur traite de la disposition des locaux et des machines fumigatoires, indication des substances dont on emploie les vapeurs, effets physiologiques immédiats des différentes espèces de vapeurs, pratiques auxiliaires de la méthode fumigatoire, particularités du traitement par cette méthode, puis vient la partie proprement médicale, qui comprend les considérations générales sur l'emploi des vapeurs comme moyen hygiénique, préservatif et thérapeutique, et de nombreuses observations sur leur efficacité dans le traitement des fièvres, des phlegmasies, du rhumatisme, de la goutte, des maladies aiguës et chroniques de la peau, des maladies lymphatiques, des névroses, de la syphilis. (*Journal universel des sciences médicales*, avril 1824.)

ANNALES DE LA MÉTHODE FUMIGATOIRE, ou Recueil d'observations pratiques sur l'usage médical des bains et douches de vapeurs; par T. Rapou, D. M. P. *Première partie représentant les nouveaux appareils portatifs. Paris*, 1827, in-8. . . . 3 f. 50 c.

TRAITÉ DES MALADIES DES ARTISANS et de celles qui résultent des diverses professions, d'après Ramazzini; ouvrage dans lequel on indique les précautions que doivent prendre, sous le rapport de la salubrité publique et particulière, les administrateurs, manufacturiers, fabricans, chefs d'ateliers, artistes, et toutes les personnes qui exercent des professions insalubres; par PH. PATISSIER, docteur en médecine de la faculté de Paris, etc. *Paris*, 1822; in-8. .... 7 f.

« M. Patissier se montre, dans cet ouvrage, l'heureux émule du médecin de Padoue; il lui emprunte les observations et les conseils dont l'utilité est de tous les temps. Les précautions hygiéniques, si imparfaites à l'époque où Ramazzini écrivait, sont aujourd'hui d'une efficacité reconnue. L'auteur ne se contente pas de les indiquer, il entre dans tous les détails qui concernent ces moyens préservatifs, et descend, sur les traces de Ramazzini, dans ceux qui se rapportent aux opérations de l'industrie, pour chercher, dans une parfaite connaissance du danger, les armes avec lesquelles il le combat. M. Patissier a profité des travaux de Ramazzini avec un rare bonheur, et il a beaucoup ajouté à ses travaux. Le style de Ramazzini est un modèle d'élégance et de bon goût; celui de son heureux imitateur a moins d'éclat, mais il n'est que mieux approprié à son sujet. » (*Journal universel des sciences médicales*, t. XXVI, avril 1822.)

TRAITÉ DE THÉRAPEUTIQUE, rédigé suivant les principes de la nouvelle doctrine médicale; par L. J. BÉGIN, docteur en médecine, membre de l'académie royale de médecine, etc. *Paris*, 1825, 2 vol. in-8. .... 12 f.

Après dix années employées à disserter sur les causes des maladies et sur la nature des lésions qui les constituent, il est temps que les médecins observateurs soumettent à une sévère analyse la manière d'agir des moyens hygiéniques ou médicamenteux dont ils prescrivent l'usage afin de rétablir la santé. Un Traité de thérapeutique, écrit sous l'influence et suivant l'esprit de la nouvelle doctrine médicale, manquait encore à la science, et devait former, en quelque sorte, le complément de la révolution que la médecine éprouve actuellement parmi nous.

La thérapeutique a fait, depuis quelques années, d'immenses, d'incontestables progrès: mais ils sont implicites, en quelque sorte: ils résultent du perfectionnement de la pathologie et de l'introduction de la physiologie dans son étude. Signaler cette circonstance, c'est rappeler les plus importans services rendus par M. Broussais à presque toutes les branches des connaissances médicales.

TRAITÉ DE LA GRAVELLE, DU CALCUL VÉSICAL et des autres maladies qui se rattachent à un dérangement des fonctions des organes urinaires, par William PROUT, membre de la société royale de Londres; traduit de l'anglais avec des notes par Ch. Mourgué, docteur en médecine, médecin des bains de Dieppe, etc. *Paris*, 1823. in-8, fig. coloriée .... 5 f.

« L'ouvrage de M. PROUT est à coup sûr un des meilleurs traités que nous ayons sur les urines et les concrétions urinaires. Il faut savoir gré aux hommes habiles qui ne sont pas arrêtés par les dégoûts qui accompagnent ces sortes de recherches. Je ne terminerai point cet article sans rendre de nouveau justice à M. Mourgué; sa traduction est partout écrite purement, dans un style clair et souvent élégant. Les notes dont il a enrichi cet ouvrage annoncent un médecin instruit et un bon observateur. Nous recommandons à nos lecteurs le Traité de la gravelle. » (*Journal général de médecine*, octobre 1823, t. LXXXV.)

TRAITÉ DE L'APOPLEXIE, ou Hémorrhagie cérébrale; considérations nouvelles sur les hydrocéphales; description d'une hydropisie cérébrale particulière aux vieillards, récemment observée; par ET. MOULIN, docteur en médecine de la faculté de Paris, etc. *Paris*, 1819; in-8. .... 3 f. 50 c.

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE DES MALADIES DE LA PEAU, fondé sur de nouvelles recherches d'anatomie et de physiologie pathologiques; par P. RAYER, docteur en médecine de la faculté de Paris, médecin du Bureau central d'admission des hôpitaux, etc. Paris, 1826-27, 2 vol. in-8 et atlas, 10 planches coloriées, offrant plus de 60 variétés de maladies de peau. 27 f.

Bien qu'émondée par des mains habiles, cette partie si importante de la pathologie était encore enveloppée d'obscurité et faisait le désespoir des praticiens qui désiraient voir remplir ce manque par un bon ouvrage pratique sur les maladies de la peau; c'est cette lacune que M. RAYER vient de remplir dans l'ouvrage que nous annonçons, fruit de plusieurs années d'observations et de recherches assidues, il a su profiter en homme habile de la position avantageuse où il est placé: aussi ses descriptions nous ont paru faites avec le plus grand soin, et sa méthode thérapeutique est celle d'un bon esprit; l'une et l'autre dénotent un observateur exact et un praticien exercé.

Les planches qui accompagnent cet ouvrage sur la peau sont d'une si grande vérité et exécutées avec tant de soin, que la personne la moins exercée pourra facilement en reconnaître toutes les variétés au premier coup d'œil.

TRAITÉ MÉDICO-CHIRURGICAL DE L'INFLAMMATION, par J. Thomson, professeur de chirurgie à l'Université d'Edimbourg, traduit de l'anglais sur la dernière édition et augmenté d'un grand nombre de notes par A. J. L. Jourdan et F. G. Boisseau, membres de l'Académie royale de Médecine, etc. *Paris* 1827, un fort vol. in-8. . . . . 9 fr.

C'est avec la nouvelle doctrine médicale que cet ouvrage a le plus d'analogie, l'inflammation y est étudiée avec soin dans ses divers états, dans ses conséquences et dans ses conditions de développement. M. Thomson s'est montré digne de reproduire les belles vues de Hunter, et d'ajouter aux observations de son célèbre compatriote. Physiologiste et praticien, il porte dans l'appréciation de la valeur réelle des agens thérapeutiques ce scepticisme qui caractérise le véritable médecin; la ressemblance des opinions consignées dans cet ouvrage avec celles de M. Broussais, ne peut manquer d'intéresser les partisans de la nouvelle doctrine et même leurs adversaires; les notes nombreuses ajoutées au texte par MM. Jourdan et Boisseau sont destinées à établir les principales différences qui existent entre les vues pratiques des médecins anglais et français.

TRAITÉ DE LA CYSTOTOMIE SUS-PUBIENNE, ouvrage basé sur près de cent observations, tirées de la pratique du docteur Souberbielle, par D. Belmas, docteur en chirurgie de la Faculté de Paris, chef des travaux anatomiques à la Faculté de médecine de Strasbourg, etc. *Paris*, 1827, in-8., fig. . . . . 5 fr.

La Lithotomie par le haut appareil, pratiquée un grand nombre de fois par le frère Come, recommandée par les succès qu'il en obtenait a joui pendant long-temps d'une sorte de préférence sur les autres manières de tailler. M. Belmas vient aujourd'hui nous en rappeler les avantages, les règles et les préceptes qu'il indique sont tirés de sa pratique et de celle d'un lithotomiste habile. M. le Docteur Souberbielle qui a mis M. Belmas dans le cas de faire jouir le public des observations intéressantes qu'il a recueillies depuis un si grand nombre d'années. L'exposition anatomico chirurgicale des organes intéressés dans l'opération de la taille, et de leurs rapports réciproques, est très remarquable; on y lit particulièrement sur les rapports du péritoine avec les organes renfermés dans le petit bassin, des observations neuves et importantes; enfin cet ouvrage mérite de fixer l'attention par les excellents préceptes et les bonnes doctrines qu'il contient (*Journal général de médecine, juin* 1827.)

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE DU CROUP, d'après les principes de la doctrine physiologique, précédé de réflexions sur l'organisation des enfans, par H.-M.-J. Desruelles, docteur en médecine de la faculté de Paris, membre de la société médicale d'émulation; *deuxième édition*, entièrement refondue. *Paris*, 1824; 1 vol. in-8. . . . . 5 f. 50 c.

« Riche de tous les travaux dont cette maladie a été l'objet, et de l'application de la doctrine physiologique à son étude, l'ouvrage de M. Desruelles est la meilleure monographie du croup que nous possédions. Ce qui est relatif au siége, à la nature, aux causes, aux phénomènes de cette affection y est traité avec beaucoup de talent, et la partie thérapeutique décèle un praticien judicieux. Les principaux chapitres ont été augmentés de beaucoup de considérations nouvelles; ces améliorations, et le succès rapide que la première édition a obtenu, sont de sûrs garans de celui que mérite celle que nous annonçons. » (*Archives générales de médecine*, octobre 1824.)

TRAITÉ DE LA COQUELUCHE, *ouvrage couronné par la Société Médico-pratique de Paris*; par H. Desruelles, docteur en médecine de la Faculté de Paris, chirurgien aide-major à l'hôpital militaire d'instruction du Val-de-Grâce, etc. *Paris*, 1827, in-8. . . . . 5 fr. 50 c.

Dans des considérations préliminaires, l'auteur a donné une idée générale de la Coqueluche, puis il indique les différens noms sous lesquels cette maladie a été connue, il analyse les opinions des auteurs sur le siége et la nature de cette affection; il propose une théorie nouvelle, appuyée sur un grand nombre de preuves tirées de l'histoire des épidémies, déduites des signes de la coqueluche, des causes de cette maladie et des autopsies. Ensuite il parle des complications et des terminaisons de la coqueluche; il examine avec le plus grand soin les divers moyens qui ont été employés pour la combattre; il démontre par l'observation, le raisonnement, l'expérience et l'analogie, dans quelles circonstances il convient d'user de ces moyens, et il termine par le traitement de cette maladie; c'est un livre bien fait et qui nous paraît digne du suffrage de la Société qui l'a couronné.

TRAITÉ HISTORIQUE ET DOGMATIQUE DE LA TAILLE, par F.-J. Deschamps, chirurgien en chef de l'hôpital de la Charité, membre de l'Institut, etc., avec un supplément dans lequel l'histoire de la Taille est continuée, depuis la fin du siècle dernier, jusqu'à ce jour, par L. J. Bégin, docteur en médecine, membre de l'académie royale de médecine, de la société médicale d'émulation, etc. *Paris*, 1826, 4 vol. in-8, fig. 20 f.

TRAITÉ, ou OBSERVATIONS PRATIQUES ET PATHOLOGIQUES SUR LE TRAITEMENT DES MALADIES DE LA GLANDE PROSTATE; par Everard Home, chirurgien en chef de l'hôpital Saint-Georges, etc; trad. de l'anglais, avec quatre planches, par Léon Marchant, D. M. *Paris*, 1820; in-8. . . . . 6 fr.

« Nous formions le vœu que cet ouvrage fût transporté dans notre langue, convaincus que nous étions qu'il pouvait être d'une grande utilité aux praticiens, qui doivent éprouver tous les jours les difficultés que présentent le diagnostic et le traitement des maladies des voies urinaires; nous nous félicitons de ce que notre appel n'ait pas été fait en vain; il ne nous reste plus qu'à souhaiter de voir les chirurgiens français faire à l'ouvrage de M. Home tout l'accueil qu'il mérite. » (*Revue médicale*, 5e livraison, 1820.)

CONSIDERATIONS GENERALES SUR LES FIÈVRES INTERMITTENTES, CONTINUES ET REMITTENTES; par M. Olinet, docteur en médecine de la faculté de Paris, etc. *Paris*, 1829, in-8. . . . . 2 f.

COUP-D'OEIL CRITIQUE SUR LA MEDECINE FRANÇAISE AU XIXe SIÈCLE, et sur la nouvelle organisation qu'on projette; suivi d'un aperçu sur les mesures à prendre pour la tirer de l'état d'avilissement où elle se trouve; par S. Eymard, docteur en médecine. *Paris*, 1829, in-8. 1 f 50 c.

COUP-D'OEIL SUR LES CLINIQUES MEDICALES DE LA FACULTE DE MEDECINE et des hôpitaux civils de Paris; par F. S. Ratier, docteur en médecine. *Paris*, 1830, in-8. . . . . 3 f.

DE LA FLUXION VULGAIREMENT APPELÉE PERIODIQUE, ou Recherches historiques, physiologiques et thérapeutiques sur cette maladie, auxquelles on ajoute des considérations sur le cornage, la pousse et la section des nerfs pneumogastriques; par M. Dupuy, directeur et professeur de l'école vétérinaire de Toulouse. *Paris*, 1829, in-8. . . . . 3 f.

DE L'INFLUENCE DES NOUVELLES DOCTRINES MEDICALES FRANÇAISES sur la connaissance et le traitement des maladies aiguës; par F. Vacquié, docteur en médecine, etc. *Paris*, 1825, in-8. . . . . 2 f.

EXISTE-T-IL TOUJOURS DES TRACES D'INFLAMMATION dans les viscères abdominaux après les fièvres putrides et ataxiques? Cette inflammation est-elle cause, effet ou complication de la fièvre? par le même, *Mémoire couronné par la société de médecine pratique*. *Paris*, 1825, in-8. . 1 f, 50 c.

FLORE ET FAUNE, de Virgile; ou Histoire naturelle des plantes et des animaux les plus intéressans à connaître, et dont ce poète a fait mention; par M. J. J. Paulet, D. M. P., correspondant de l'Institut. *Paris*, 1824, in-8, figures noires. . . . . 6 f.

— Le même, papier vélin, figures coloriées. . . . . 12 f.

HISTOIRE DE L'ANATOMIE ET DE LA CHIRURGIE, contenant l'origine et les progrès de ces sciences, avec un tableau chronologique des principales découvertes, etc.; par A. Portal, membre de l'Institut royal de France. *Paris*, 1770, 7 vol. in-8. . . . . 36 f.

MANUEL PRATIQUE DE LA LITHOTRITIE, ou Lettres à un jeune médecin sur le broiement de la pierre dans la vessie; par A. P. Bancal, docteur en médecine, suivi d'un rapport fait à l'Institut royal de France, par MM. Percy, Chaussier, Deschamps, Pelletan et Magendie, en faveur de son nouvel instrument pour l'opération de la cataracte par extraction et d'une lettre descriptive de la manière de pratiquer au moyen de cet instrument. *Paris*, 1829, 1 vol. in-8, avec cinq planches, le portrait de M. Dubois, et un fac simile de son écriture. . . . . 5 f.

L'ouvrage de M. Baneal est divisé par lettres qui traitent chacune un point important de la Lithotritie : la description de l'appareil lithotriteur, avec tous ses perfectionnemens, est faite avec beaucoup de clarté ; chaque pièce est examinée sous le point de vue d'utilité qu'elle présente : l'opération, la préparation qu'elle exige, la manière d'introduire l'instrument, les divers temps du Broiement sont exposés avec beaucoup de méthode et de clarté : un praticien, adroit et instruit, pourra facilement pratiquer cette opération en suivant les préceptes déduits par M. Baneal. (*Revue médicale*, *octobre* 1829.)

MEMOIRE ET OBSERVATIONS CLINIQUES SUR LES MALADIES DE POITRINE DES ENFANS ; par I. Terreux, docteur en médecine. *Paris*, in-8.......... 2 f.

MEMOIRES POUR SERVIR A L'HISTOIRE GENERALE DES EAUX MINERALES sulfureuses et des eaux thermales ; par J. Anglada, professeur à la faculté de médecine de Montpellier, etc. *Paris*, 1828, 2 v. in-8. 12 f.

NOTE MEDICO-LEGALE SUR LA MONOMANIE HOMICIDE ; par M. le docteur Esquirol. *Paris*, 1827, in-8.......... 2 f 50 c.

OBSERVATIONS SUR LES MALADIES DES ENFANS ; par le docteur Véron. Première partie. *Paris*, 1825, in-8.......... 1 f. 50 c.

OSTEOGRAPHIE DE LA BALEINE échouée au port d'Ostende, précédée d'une Notice sur la découverte et la dissection de ce cétacée ; par M. Dubar, chirurgien à Ostende, membre de plusieurs sociétés savantes. 1828, 1 vol gr. in-8, avec 13 belles planches.......... 6 f.

PRECIS D'ANATOMIE PATHOLOGIQUE ; par G. Andral, professeur à la faculté de médecine de Paris, etc. *Paris*, 1829, 3 vol. in-8.......... 18 f.

PRECIS D'UNE NOUVELLE DOCTRINE MEDICALE, fondée sur l'anatomie pathologique, et modifiant celles de MM. Pinel, Broussais, Tommasini, etc. ; par M. A. Grimaud, docteur en médecine de la faculté de Paris, etc. *Paris*, 1829, in-8.......... 1 f. 50 c.

RECHERCHES SUR LE SIÉGE ET LA NATURE DES TEIGNES ; par M. Mahon jeune, chargé du traitement spécial de ces affections dans les hôpitaux de Paris, Lyon, Rouen, Dieppe, Elbeuf, Louviers, etc. *Paris*, 1829, in-8, *accompagné de 5 planches coloriées, offrant les diverses variétés de ce genre de maladie*.......... 10 f.

RECHERCHES D'ANATOMIE ET DE PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUES SUR PLUSIEURS MALADIES DES NOUVEAU-NES ; par P. S. Denis, D. M. P., ancien interne de l'hospice des enfans. *Commercy*, 1826, in-8.......... 9 f.

MÉMOIRES SUR TROIS GENRES DE CAS RARES dans l'ordre physiologico-pathologique ; par le même. *Paris*, 1828, in-8.......... 2 f.

RECHERCHES PRATIQUES SUR LES PRINCIPALES DIFFORMITÉS DU CORPS HUMAIN, ouvrage orné de 35 planches lithographiées représentant les machines oscillatoires et les instrumens employés dans la chirurgie orthopédique, par Jalade Lafond, docteur en médecine, membre de plusieures sociétés savantes. *Paris*, 1829, 3 vol. in-4.......... 30 f.

RÉFLEXIONS CRITIQUES sur l'ouvrage de M. Broussais de l'Irritation et de la Folie ; par M. Besnard *Paris*, 1829, in-8.......... 1 f. 80 c.

PÉRILS AUXQUELS SONT EXPOSES LES ENFANS QUE LEURS MERES REFUSENT D'ALLAITER, malheurs que par ce refus ces mères attirent sur elles-mêmes, par le même. *Paris*, 1825, in-12.......... 1 f. 50 c.

L'ENTENDEMENT HUMAIN MIS A DÉCOUVERT d'après les principes de la physiologie et ceux de la métaphysique. *Paris*, 1820, in-12.. 3 f.

TABLE ALPHABÉTIQUE ET MÉTHODIQUE DES MATIÈRES contenues dans les 36 volumes de la deuxième série du **JOURNAL GÉNÉRAL DE MEDECINE FRANCAISE**, ou Recueil périodique des travaux de la société de médecine de Paris; par E. F. S. Gaultier de Claubry, docteur en médecine, etc. *Paris*, 1829, 1 fort volume in-8. 8 f.

TRAITE DES POISONS tirés des règnes minéral, végétal et animal, ou **TOXICOLOGIE GENERALE** considérée sous les rapports de la physiologie, de la pathologie et de la médecine légale; *troisième édition*; par M. Orfila, professeur à la Faculté de médecine. *Paris*, 1827, 2 vol. in-8. . . . . 16 f.

NOUVELLES RECHERCHES SUR L'ENDOSMOSE ET L'EXOSMOSE.

Ouvrages de M. Dutrochet *qui se trouvent chez le même libraire.*

Recherches anatomiques et physiologiques sur la structure intime des animaux et des végétaux, et sur leur motilité. — Paris, 1824, in-8°, fig.

L'Agent immédiat du mouvement vital dévoilé dans sa nature et dans son mode d'action chez les végétaux et les animaux. — Paris, 1826, in-8°.

IMPRIMERIE-LIBRAIRIE DE J.-G. DENTU,
RUE DU COLOMBIER, N° 21.

NOUVELLES RECHERCHES

SUR L'ENDOSMOSE

ET L'EXOSMOSE,

SUIVIES

DE L'APPLICATION EXPÉRIMENTALE DE CES ACTIONS PHYSIQUES

A LA SOLUTION DU PROBLÊME

DE L'IRRITABILITÉ VÉGÉTALE,

ET A LA DÉTERMINATION DE LA CAUSE
DE L'ASCENSION DES TIGES ET DE LA DESCENTE DES RACINES.

PAR M. DUTROCHET,

Correspondant de l'Institut dans l'Académie royale des Sciences, membre associé de l'Académie royale de Médecine, correspondant de la Société royale et centrale d'Agriculture, de la Société horticulturale de Paris, des Sociétés horticulturale et médico-botanique de Londres, de la Société d'agriculture d'Indre-et-Loire, etc., etc.

A PARIS,

CHEZ J.-B. BAILLIERE,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DE MÉDECINE,
RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, Nº 13 BIS;

LONDRES, MÊME MAISON,
3, BEDFORT STREET, BEDFORT SQUARE;

BRUXELLES, AU DÉPÔT DE LA LIBRAIRIE MÉDICALE.

1828.

ERRATUM.

Pag. 45, lig. 11. L'ouverture *d*, *lisez* l'ouverture *b*.

AVANT-PROPOS.

J'AI publié, en 1824, un ouvrage intitulé : *Recherches anatomiques et physiologiques sur la structure intime des animaux et des végétaux, et sur leur motilité;* en 1826, j'ai publié un nouvel ouvrage intitulé : *L'Agent immédiat du mouvement vital dévoilé dans sa nature et dans son mode d'action chez les végétaux et chez les animaux;* depuis ce temps, j'ai fait de nouvelles recherches qui ont confirmé, en les modifiant, les résultats auxquels j'étais parvenu dans ces deux ouvrages. Je réunis ici ces nouveaux travaux, dont quelques-uns ont déjà été publiés dans les *Annales de physique et de chimie.* Par ces nouvelles recherches, le phénomène de l'endosmose et de l'exosmose, que j'ai découvert, se trouve décidément appartenir à un nouvel ordre de phénomènes physiques; et son interven-

tion puissante dans les phénomènes vitaux, n'est plus à mettre en doute.

Les recherches de physiologie végétale que contient cette publication, ne sont qu'une partie détachée de travaux plus étendus que j'ai commencés sur cette matière. Mon projet était d'attendre, pour les publier, que la réunion de ces travaux eût fait une masse plus considérable. Je crains avec raison, en publiant prématurément mes moyens d'investigation, de mettre ceux qui courent la même carrière que moi, à même de m'enlever les découvertes commencées que j'ai en portefeuille, et que je ne suis point encore en mesure de publier; mais les circonstances dans lesquelles je me trouve m'ont déterminé à faire cette publication hâtive.

NOUVELLES RECHERCHES

SUR L'ENDOSMOSE

ET L'EXOSMOSE.

Lorsque deux liquides de densité ou de nature chimique différentes, sont séparés par une cloison membraneuse, il s'établit au travers de cette cloison deux courans dirigés en sens inverse, et inégaux en force. Il en résulte que la masse du liquide s'accumule de plus en plus dans la partie vers laquelle est dirigé le courant le plus fort. Ces deux courans existent dans les organes creux qui composent les tissus organiques : c'est là que je les ai désignés sous les noms d'*endosmose* pour le courant d'introduction, et d'*exosmose* pour le courant d'expulsion. Un célèbre mathématicien a cru pouvoir expliquer ces phénomènes par la simple attraction capillaire jointe à l'affinité des deux liquides hétérogènes. Je vais ici retracer sommairement sa théorie (1).

(1) *Note sur des effets qui peuvent être produits par la capillarité et l'affinité des substances hétérogènes*, par M. Poisson. — *Journal de physiologie expérimentale*, tome 6, p. 361, et *Annales de physique et de chimie*, tome 35, p. 98.

quel j'ai fait ces expériences, et auquel je donne le nom d'*endosmomètre*.

Cet appareil consiste en un tube de verre *de* (fig. 1), muni inférieurement d'une partie évasée mobile, laquelle offre en bas une ouverture *ab*, qui est fermée avec un morceau de vessie fixé par une forte ligature dans la gorge circulaire *ii*. Cette partie évasée est ce que je nomme *le réservoir* de l'endosmomètre. C'est dans ce réservoir que je place le liquide dont je veux éprouver la propriété d'endosmose. Ce réservoir se détache à volonté du tube, et l'on réunit ces deux pièces au moyen d'un bouchon de liége *c*, traversé par l'extrémité inférieure du tube; bouchon qui s'adapte au réservoir comme à une bouteille.

Après avoir rempli le réservoir avec le liquide que je veux éprouver, je le fixe au tube, lequel est attaché sur une planchette graduée *pp*. Il ne reste plus alors qu'à plonger le réservoir de l'endosmomètre dans l'eau, au-dessus de laquelle le tube s'élève verticalement. Lorsque le réservoir de l'endosmomètre est fermé avec une membrane organique, tel qu'un morceau de vessie, je fixe au-dessous de cette membrane une plaque métallique percée d'une multitude de trous. Cette plaque soutient la membrane, et l'empêche de se déprimer sous le poids du liquide contenu dans l'endosmomètre. On sent que si l'on ne prenait pas cette précaution, la dépression de la membrane s'accroissant avec la hauteur du liquide contenu dans l'endosmomètre, cette dépression logerait une grande

partie du liquide introduit par l'endosmose ; en sorte que le mouvement ascensionnel du liquide dans le tube n'indiquerait point du tout la quantité de l'endosmose.

Lorsqu'on met dans le réservoir de l'endosmomètre un liquide dense, tel qu'une solution de gomme, de sucre, ou d'un sel quelconque, et que le réservoir de cet instrument est plongé dans l'eau, il se manifeste de l'endosmose, et le liquide intérieur s'élève graduellement dans le tube vertical de l'endosmomètre, jusqu'à se déverser par son extrémité supérieure. On obtient le même effet en mettant dans le réservoir de l'endosmomètre des liquides alkooliques, qui sont cependant moins denses que l'eau, mais qui se comportent comme des liquides denses, en s'élevant peu, comme eux, dans les tubes capillaires. En même temps que l'effet d'endosmose a lieu, il se manifeste un effet d'exosmose. Le liquide contenu dans le réservoir de l'endosmomètre descend en filtrant au travers de la cloison, et se mêle à l'eau, qui est ordinairement le liquide extérieur. Ce mouvement de transport du liquide supérieur le plus dense vers le liquide inférieur le moins dense, pourrait être attribué à une simple filtration, qui serait l'effet de la pesanteur du liquide supérieur. Cette filtration a lieu effectivement, mais le mouvement d'exosmose a lieu d'une manière concomitante. Il était essentiel de prouver l'existence isolée du mouvement d'exosmose, ou plutôt du mouvement qui porte le liquide le plus dense vers le li-

quide le moind ense. C'est ce que j'ai fait par l'expérience suivante. J'ai mis de l'eau distillée dans le réservoir d'un endosmomètre fermé avec un morceau de vessie. J'ai suspendu cet endosmomètre au-dessus d'un vase qui contenait de l'eau tenant en solution du sulfate de fer. La membrane de l'endosmomètre touchait la surface de la solution de sulfate de fer, sans s'enfoncer dedans. Ce dernier liquide étant plus dense que l'eau distillée contenue dans l'endosmomètre, il devait y avoir, au travers de la membrane, un courant fort qui portait l'eau en descendant vers la solution saline, et en même temps un courant plus faible qui portait en montant la solution saline vers l'eau. Ce dernier courant était ici contrarié par l'effet de l'écoulement, par l'action de la pesanteur; il ne laissa cependant pas d'avoir lieu; car au bout de deux heures ayant essayé l'eau de l'endosmomètre par le nitrate de baryte et par le prussiate de potasse, j'y constatai l'existence du sulfate de fer. Ainsi, l'existence des deux courans antagonistes et inégaux d'endosmose et d'exosmose, est démontrée d'une manière irréfragable: l'écoulement par l'effet de la pesanteur est un phénomène accessoire dont les résultats modifient plus ou moins ceux de ces deux courans antagonistes.

La membrane de l'endosmomètre, en opérant l'endosmose, produit l'impulsion du liquide ascendant dans le tube de l'instrument; cette action d'impulsion sur le liquide supérieur atteste l'existence concomitante d'une action d'attraction ou d'*adfluxion* sur le

liquide inférieur. Cette action d'*adfluxion* est mise en évidence par l'expérience suivante : Je prends un endosmomètre *ab* (fig. 2) fermé avec un morceau de vessie. Je fais correspondre son évasement à celui d'un autre endosmomètre renversé *cd*, privé de vessie. Je lute solidement ces deux instrumens l'un à l'autre dans cette position : de cette manière, les deux cavités des endosmomètres sont séparées l'une de l'autre par une seule cloison membraneuse. Je remplis le réservoir, et non le tube de l'endosmomètre *ab*, avec une solution aqueuse de sucre ; je remplis entièrement le réservoir et le tube de l'endosmomètre *cd* avec de l'eau pure, et je le renverse dans un vase *g* rempli d'eau colorée. L'endosmose produit l'ascension du liquide sucré dans le tube *b*, et en même temps le liquide coloré du vase *g* monte dans le tube *d*, et arrive dans la cavité *c*. Ainsi, il y a impulsion du liquide dans l'endosmomètre supérieur, et *adfluxion* du liquide dans l'endosmomètre inférieur.

Lorsqu'on met de l'eau dans le réservoir jusqu'au sommet du tube d'un endosmomètre, et qu'on plonge cet appareil tout entier dans un liquide dense, de manière à ce que l'extrémité supérieure du tube soit peu au-dessus du niveau de ce liquide dense, l'eau intérieure s'abaisse continuellement dans le tube au-dessous du niveau du liquide dense extérieur. Le mouvement de descente de l'eau au-dessous du niveau du liquide dense extérieur est dû à la même cause qui produit le mouvement ascensionnel du liquide dense,

lorsqu'il est placé dans le réservoir de l'endosmomètre, et que l'eau est le liquide extérieur. Ces deux mouvemens d'ascension et de descente qui dépendent de la position inverse des deux liquides, sont soumis aux mêmes lois.

J'ai posé en principe que tous les liquides plus denses que l'eau produisent l'endosmose, lorsqu'ils sont mis dans le réservoir d'un endosmomètre dont l'eau baigne la partie extérieure. L'acide sulfurique offre une exception remarquable à cet égard.

Si l'on met dans le réservoir de l'endosmomètre de l'eau chargée d'acide sulfurique, ce liquide, plus dense que l'eau, ne produit cependant point d'endosmose; au contraire, ce liquide s'abaisse graduellement dans le tube de l'endosmomètre, lorsque, par une addition de liquide, on l'a élevé au-dessus du niveau de l'eau dans laquelle plonge le réservoir de l'instrument. Dans mon ouvrage (1), j'ai attribué cet abaissement de l'acide sulfurique à ce que cet acide, au lieu de produire l'endosmose, aurait produit l'exosmose. Mais il n'en est rien; l'acide sulfurique s'écoule ici en filtrant au travers de la membrane, par le seul effet de sa pesanteur et de son élévation au-dessus du niveau de l'eau extérieure. On peut s'en assurer en faisant la contre-épreuve de l'expérience précédente. J'ai mis de l'eau pure dans le réservoir de l'endosmomètre, et j'ai plongé ce réservoir dans de l'eau mêlée d'acide

---

(1) L'*Agent immédiat*, etc.

ulfurique. L'eau s'est abaissée dans le tube de l'endosmomètre, comme avait fait l'acide sulfurique dans l'expérience précédente. Ceci prouve que cette descente du liquide est due, dans l'un comme dans l'autre cas, à la filtration de ce liquide, par le seul effet de sa pesanteur. Il n'y a aucun courant d'endosmose ni d'exosmose dirigé de l'eau vers l'acide sulfurique, ni de l'acide sulfurique vers l'eau. Ainsi, je dois relever une erreur dans laquelle je suis tombé précédemment. L'observation de la manière dont se comporte l'acide sulfurique m'avait fait penser que les acides sont des agens producteurs d'exosmose; mais il n'en est rien. Le vinaigre, l'acide nitrique, l'acide hydrochlorique, placés dans le réservoir de l'endosmomètre, environné d'eau pure, produisent l'endosmose; l'acide hydrochlorique surtout produit une endosmose très-énergique. Il se trouve que l'acide sulfurique est incapable de produire cette action physique; mis en rapport avec l'eau pure, il ne produit ni endosmose ni exosmose; bien plus, on trouve qu'il est *ennemi* de cette double action, car il tend à l'anéantir lorsqu'elle existe. Ainsi, si l'on mêle une petite quantité d'acide sulfurique à une solution de gomme arabique que l'on introduit dans l'endosmomètre, ce liquide ne produit point d'endosmose, quoique la solution de gomme arabique, employée seule, produise énergiquement cet effet. Le liquide gommeux mêlé d'acide sulfurique, s'abaisse graduellement dans le tube de l'endosmomètre. Si la quantité d'acide sulfurique

est extrêmement petite, il reste encore un peu de force d'endosmose à la solution gommeuse; aussi voit-on quelquefois cette solution acide, qui s'est abaissée d'abord dans le tube de l'endosmomètre, reprendre un peu de mouvement ascendant lorsque l'immersion prolongée de la vessie dans l'eau a dépouillé cette solution gommeuse d'une partie de l'acide qu'elle possédait primitivement. Ce fait, très-important, prouve qu'il y a des liquides *inactifs*, par rapport à la propriété de produire l'endosmose, et que ces liquides peuvent communiquer leur état *inactif* aux liquides qui ont, à cet égard, des qualités contraires, c'est-à-dire qui sont des liquides *actifs*. Les liquides animaux putréfiés sont *inactifs*, comme l'est l'acide sulfurique. J'ai fait voir en effet que les liquides animaux qui, à l'*état sain*, produisaient énergiquement l'endosmose, cessaient de produire cet effet lorsqu'ils étaient putréfiés. Alors j'ai vu ces liquides, au lieu de produire l'endosmose ou l'entrée de l'eau extérieure dans les organes creux qui les contenaient, produire au contraire un courant dirigé du dehors au dedans, courant qui évacuait en partie l'organe creux, et qui paraissait devoir être attribué à l'exosmose; mais il n'en est point ainsi. Cette filtration du dedans au dehors est un effet purement mécanique produit par la pesanteur du liquide que sa putréfaction a rendu *inactif*, et qui, dans cet état, ne produisant plus d'endosmose, n'obéit plus, dans sa filtration, à d'autres forces qu'à celles de la capillarité et de la pesanteur.

Il est important de savoir quel est l'agent chimique auquel est due l'*inactivité* des fluides animaux putréfiés, c'est-à-dire l'inaptitude de ces liquides pour produire l'endosmose. La putréfaction développpe dans les liquides animaux une grande quantité de combinaisons nouvelles, et il était difficile de savoir auquel de ces nouveaux composés chimiques était due l'*inactivité* du liquide. Ce n'est donc que d'une manière indirecte que je suis parvenu à cette connaissance. En faisant mes expériences sur l'effet d'endosmose produit par les différens liquides organiques, je ne négligeai pas d'essayer, dans cette vue, les liquides excrémentiels. Je trouvai que l'urine mise dans l'endosmomètre, environné d'eau, produisait l'endosmose. Je voulus essayer, dans la même vue, la matière liquide fécale. Je pris dans les gros intestins d'une poule une matière fécale liquide, de couleur jaune, ayant fortement l'odeur propre aux excrémens; j'y ajoutai un égal volume d'eau, et je l'introduisis dans un endosmomètre fermé avec un morceau de vessie. Le liquide fécal s'élevait à une certaine hauteur dans le tube. Ce liquide ne tarda pas à s'abaisser dans le tube de l'endosmomètre, ce qui me prouva que le liquide fécal, malgré sa supériorité de densité sur l'eau dans laquelle le réservoir de l'endosmomètre était plongé, ne produisait point d'endosmose, et par conséquent était *inactif*. Pour constater ce fait d'une manière positive, il s'agissait de savoir si l'adjonction de ce liquide fécal *inactif* à un liquide *actif*, enleverait à ce

dernier sa qualité d'*activité*. J'ajoutai au liquide fécal de la poule cinq fois son poids d'eau ; et après l'avoir laissé reposer pour laisser précipiter toute la matière solide, je le décantai. J'obtins de cette manière un liquide légèrement jaunâtre, ayant fortement l'odeur d'hydrogène sulfuré propre aux matières fécales. Je mêlai ensemble parties égales de ce liquide et d'une solution aqueuse de gomme arabique, qui contenait 0,04 de son poids de gomme. La densité de ce mélange était 1,005, la densité de l'eau étant 1. Ce liquide, mis dans l'endosmomètre, s'abaissa rapidement dans le tube, ce qui me prouva qu'il était *inactif* : cependant, une solution de gomme pure de pareille densité produit très-bien l'endosmose. Je mêlai ensemble parties égales du même liquide fécal étendu d'eau et d'une solution aqueuse de gomme arabique qui contenait 0,1 de son poids de gomme. La densité de ce mélange était 1,017 ; ce mélange, mis dans un endosmomètre, n'y produisit point d'endosmose : le liquide s'abaissa rapidement dans le tube. Je mêlai ensemble parties égales du liquide fécal étendu d'eau et d'une solution de gomme arabique, qui contenait 0,2 de son poids de gomme. La densité de ce mélange était 1,027 ; ce mélange étant introduit dans un endosmomètre, il y eut une endosmose très-faible durant une heure ; au bout de ce temps, le liquide commença à s'abaisser lentement dans le tube, et cet abaissement ne discontinua point. Ces expériences prouvent que l'addition d'une petite quantité de li-

quide fécal à de l'eau chargée de gomme, suffit pour anéantir l'effet d'endosmose propre à cette substance en solution, c'est-à-dire pour la rendre *inactive*. On voit aussi par ces expériences, qu'en augmentant la dose de la gomme, on parvient à contrebalancer un peu la tendance que manifeste le liquide fécal à lui communiquer son *inactivité*. A quoi tient cette *inactivité* bien démontrée du liquide fécal ? Il me parut probable que cela dépendait de l'hydrogène sulfuré qu'il contient abondamment. Pour m'en assurer, je mis dans un endosmomètre de l'eau chargée de 0,025 de gomme arabique, et j'y ajoutai 0,005 de son poids d'hydrosulfure d'ammoniaque sulfuré. Il n'y eut point d'endosmose ; le liquide s'abaissa graduellement dans le tube. Je recommençai la même expérience, en employant de l'eau chargée de 0,05 de son poids de gomme : il n'y eut point non plus d'endosmose, quoique ces solutions gommeuses fussent par elles-mêmes très-*actives* ou très-aptes à l'exercice de l'endosmose. L'adjonction à ces solutions d'une très-petite quantité de liquide hydrosulfuré suffisait pour leur enlever toute leur *activité*, pour les rendre incapables d'opérer l'endosmose. Si j'ajoutais à ces solutions gommeuses une quantité plus considérable d'hydro-sulfure d'ammoniaque, leur endosmose, loin d'être anéantie, semblait, au contraire, être augmentée d'énergie. Ce phénomène provient de ce que l'hydro-sulfure d'ammoniaque est, par lui-même, pourvu d'*activité*; il produit l'endosmose. Ce n'est que par l'hydrogène sul-

furé libre que développe son addition à l'eau chargée d'une substance *active*, que l'*activité* de cette substance se trouve abolie. Or, il ne faut qu'une quantité extrêmement petite d'hydro-sulfure d'ammoniaque pour développer une très-grande quantité d'hydrogène sulfuré.

Ces expériences prouvent que c'est à l'hydrogène sulfuré qu'il contient, que le liquide stercoral doit son *inactivité* ou son inaptitude à produire l'endosmose; et l'on peut présumer de là que c'est à la même cause que l'on doit attribuer l'*inactivité* que l'on observe dans certains liquides animaux putréfiés, car toute putréfaction animale dégage de l'hydrogène sulfuré.

Il résulte de ces recherches, que nous ne connaissons encore que deux liquides *inactifs;* liquides non seulement incapables d'exercer ou de provoquer l'endosmose, mais véritablement *ennemis* de cette action physique. Ces deux liquides sont l'acide sulfurique et l'acide hydro-sulfurique ou hydrogène sulfuré, c'est-à-dire, d'une part, le soufre uni à l'oxigène, et de l'autre part, le soufre uni à l'hydrogène. Probablement l'expérience découvrira, parmi les nombreux agens chimiques, d'autres liquides *inactifs*.

J'ai voulu voir quel serait l'effet de l'addition de l'hydrogène sulfuré à l'eau dans laquelle est plongé le réservoir de l'endosmomètre. Ayant donc introduit dans ce réservoir de l'eau chargée de 0,05 de son poids de gomme, sans addition d'hydro-sulfure d'am-

moniaque, je mis dans l'eau environnante un millième de son poids de cet hydro-sulfure, ce qui suffit pour charger cette eau d'hydrogène sulfuré. L'endosmose se manifesta, et continua pendant quatre heures : au bout de ce temps, elle s'arrêta, et le liquide devint descendant dans le tube. Ainsi, l'endosmose est également abolie par l'hydrogène sulfuré, lorsque cette substance est mêlée au liquide intérieur, et lorsqu'elle est mêlée au liquide extérieur. J'ai fait, à cet égard, la même observation par rapport à l'acide sulfurique. L'observation prouve que, dans ces deux circonstances, l'endosmose n'est pas toujours abolie subitement. Dans la dernière expérience, nous avons vu, en effet, l'endosmose s'effectuer pendant quatre heures : ce n'est qu'au bout de ce temps que cette action physique s'est trouvée abolie. Cela me fit penser que ce n'était point le simple contact du liquide hydro-sulfuré sur la vessie qui faisait cesser l'endosmose, mais qu'il fallait, pour produire cet effet, que le tissu capillaire de la vessie fût pénétré complètement par le liquide hydro-sulfuré. Pour juger de la validité de ce soupçon, je pris l'endosmomètre qui avait servi à la dernière expérience ; je l'évacuai et le nettoyai soigneusement par des injections d'eau pure ; ensuite, je remplis son réservoir avec de l'eau chargée de 0,05 de son poids de gomme arabique, et je le plongeai dans l'eau pure. Il ne se manifesta aucune endosmose ; le liquide s'abaissa graduellement dans le tube de l'endosmomètre : ainsi la vessie, pénétrée d'hydro-

gène sulfuré, était devenue incapable d'endosmose; elle était devenue *inactive*. J'évacuai l'endosmomètre, je remplis son réservoir d'eau, et je le laissai tremper pendant vingt-quatre heures dans l'eau pure; au bout de ce temps, je recommençai l'expérience. Alors, il se manifesta de l'endosmose; ce qui me prouva que le tissu de la vessie avait perdu, en totalité ou en grande partie, l'hydrogène sulfuré qu'il contenait. Ce résultat, que nous allons voir bientôt confirmé par une autre expérience, prouve que c'est dans les conduits capillaires de la membrane organique qu'existe la force qui produit l'endosmose. C'est lorsque ces conduits capillaires sont envahis par un liquide *inactif*, que l'endosmose se trouve abolie.

L'existence bien démontrée de liquides *actifs* et de liquides *inactifs*, de liquides agens d'endosmose et de liquides *ennemis* de l'endosmose, devait faire présumer qu'il existait aussi des solides *actifs* et des solides *inactifs*, c'est-à-dire des solides capables d'exercer l'endosmose, et des solides privés d'aptitude par rapport à l'exercice de cette action physique. C'est effectivement ce que l'expérience m'a démontré. Tous les solides membraneux organiques sont *actifs*; tous, étant placés dans des conditions convenables, exercent l'endosmose; mais il n'en est pas de même des solides inorganiques perméables aux liquides, comme nous allons le voir.

Je n'avais d'abord employé que des membranes organiques pour fermer l'évasement terminal du réser-

voir de l'endosmomètre : il s'agissait de savoir si des lames poreuses minérales étant substituées, dans les expériences faites avec cet instrument, à la membrane organique, on verrait de même l'endosmose s'opérer. J'ai donc luté, à l'ouverture évasée d'un réservoir d'endosmomètre, une lame de grès tendre, de six millimètres d'épaisseur; j'ai rempli son réservoir avec de l'eau chargée de 0,2 de son poids de gomme arabique, et je l'ai plongé dans l'eau pure, au-dessus de laquelle le tube vide de liquide s'élevait verticalement : il ne s'est manifesté aucune endosmose; le liquide gommeux intérieur ne s'est point élevé dans le tube au-dessus du niveau de l'eau extérieure. J'ai remplacé cette lame de grès par une autre lame de même substance, de quatre millimètres d'épaisseur; je n'ai encore obtenu aucune endosmose : ces deux lames étaient faites avec du grès très-pur, c'est-à-dire exclusivement siliceux. J'ai employé à la même expérience une lame faite avec un grès dur et très-ferrugineux; elle avait trois millimètres d'épaisseur : j'ai obtenu alors une endosmose très-faible, ou d'une lenteur telle que le liquide intérieur ne fut élevé que de trois millimètres dans l'espace de deux jours, quoique le tube dans lequel s'opérait cette ascension du liquide gommeux n'eût que quatre millimètres de diamètre intérieur. J'adaptai à un endosmomètre une lame de carbonate calcaire poreux (pierre tendre à bâtir), de huit millimètres d'épaisseur : je n'obtins, par ce moyen, aucune endosmose. Pensant que l'ab-

sence de cet effet d'endosmose pouvait provenir de la trop grande épaisseur de cette lame, je la remplaçai par une lame de carbonate calcaire plus dur, mais cependant perméable à l'eau, et de trois millimètres d'épaisseur : je n'ai encore obtenu, par ce moyen, aucune endosmose. J'ai essayé, dans le même but, plusieurs lames faites avec des variétés différentes de carbonate calcaire; je n'ai point eu plus de succès pour obtenir l'endosmose par leur moyen. Enfin, j'ai adapté à un endosmomètre une lame de marbre blanc, de deux millimètres d'épaisseur. Cette substance, quoique très-dense, n'est cependant pas imperméable à l'eau; et j'espérais qu'à raison de son peu d'épaisseur, j'obtiendrais ici de l'endosmose; mais mon attente fut trompée : il ne se manifesta aucune ascension du liquide gommeux dans le tube de l'endosmomètre. Ainsi, il me fut démontré que le carbonate calcaire est un solide *inactif*, ou dépourvu d'aptitude à exercer l'endosmose.

J'ai adapté à un endosmomètre une lame de plâtre (chaux sulfatée calcarifère), de quatre millimètres d'épaisseur : je n'ai obtenu, par ce moyen, aucune endosmose. J'ai employé pour la même expérience, et sans plus de succès, la chaux sulfatée cristallisée, qui, comme on sait, se divise en lames extrêmement minces. Mais ici le défaut d'endosmose pouvait être attribué à ce que ces lames de substance cristallisée ne seraient pas perméables à l'eau : ainsi, je ne tiens compte ici que de la première expérience, qui semble

prouver que la chaux sulfatée est *inactive*, ou privée d'aptitude à produire l'endosmose.

Les solides siliceux et calcaires étant étudiés sous ce point de vue, il me restait à examiner l'effet des solides alumineux. Je commençai par l'ardoise. Au moyen d'une légère calcination, on rend ce minéral facile à diviser en lames extrêmement minces. J'obtins de cette manière une lame d'ardoise qui n'avait guère qu'un demi-millimètre d'épaisseur; je l'adaptai à un réservoir d'endosmomètre, que je remplis d'une solution fortement chargée de gomme : j'obtins un effet d'endosmose très-évident, quoique très-faible. Je pensais alors que l'effet d'endosmose produit par les cloisons perméables qui séparaient les liquides hétérogènes, pouvait dépendre de la très-petite épaisseur de ces cloisons, et cette dernière expérience semblait confirmer cette fausse manière de voir. Après avoir essayé dans l'ardoise l'effet d'endosmose produit par un solide alumineux, il était naturel d'essayer, dans la même vue, des lames d'argile cuite. J'adaptai donc à un endosmomètre une lame d'argile blanche cuite, d'un millimètre d'épaisseur : j'obtins une endosmose assez énergique, et peu différente de celle que j'aurais obtenue, dans le même cas, avec une membrane organique : le réservoir de l'endosmomètre était rempli, comme à l'ordinaire, avec une solution de gomme arabique. Une lame de la même argile, de deux millimètres d'épaisseur, et une autre de cinq millimètres d'épaisseur, ayant été adaptées à des endosmomètres

remplis ensuite de gomme arabique en solution, j'obtins également de l'endosmose. Enfin, des lames d'argile blanche, d'un centimètre et d'un centimètre et demi d'épaisseur, adaptées à des endosmomètres, produisirent encore de l'endosmose : cependant, la plus épaisse de ces lames n'opéra qu'une endosmose très-lente ; ce qui provenait de ce que sa grande épaisseur avait diminué sa perméabilité. Ces faits, qui me prouvaient que le peu d'épaisseur des cloisons perméables n'était point la condition nécessaire de l'effet d'endosmose, comme je l'avais d'abord pensé, me prouvaient en outre que les solides alumineux sont éminemment *actifs*, c'est-à-dire jouissent éminemment de l'aptitude à produire l'endosmose. J'ai voulu voir si l'addition d'un liquide *inactif* à la solution de gomme dont je remplissais les endosmomètres, dans ces dernières expériences, anéantirait l'effet d'endosmose, comme cela arrive lorsque l'endosmomètre est fermé avec une membrane organique. Je pris donc un endosmomètre fermé avec une lame d'argile blanche de deux millimètres d'épaisseur, et je mis dans son réservoir de l'eau tenant en solution 0,1 de son poids de gomme arabique, et je le plongeai dans l'eau : l'endosmose se manifesta. Ce premier essai était fait pour constater l'aptitude de mon appareil à exercer l'endosmose. Alors, j'ajoutai à la solution gommeuse une goutte d'hydrosulfure d'ammoniaque. Dans le premier moment, l'endosmose eut lieu; mais au bout d'un demi-quart d'heure, elle

commença à s'arrêter, et bientôt il y eut suspension complète de l'endosmose : ainsi, l'hydrogène sulfuré agissait ici en sa qualité de liquide *inactif*, et paralysait l'action de la solution gommeuse, de la même manière que cela avait eu lieu lorsque l'endosmomètre était fermé avec une membrane organique. J'évacuai l'endosmomètre ; et après l'avoir soigneusement lavé intérieurement et extérieurement, je remplis son réservoir avec la même solution gommeuse que ci-dessus, mais pure, et je le plongeai dans l'eau. Pendant cinq heures que je le laissai en expérience, il ne se manifesta aucune endosmose. J'évacuai de nouveau l'endosmomètre ; et après l'avoir bien lavé, je le remplis d'eau pure, et je le mis tremper dans l'eau pure pendant deux jours. Je renouvelai plusieurs fois l'eau pendant cet espace de temps : alors, je remplis de nouveau son réservoir avec une solution gommeuse pure, pareille à celle employée ci-dessus, et, l'ayant mis en expérience, j'obtins de l'endosmose, mais elle était moins énergique que dans le principe. Ces expériences prouvent que les liquides *inactifs* n'exercent leur action pour abolir l'endosmose que lorsqu'ils ont pénétré dans les conduits capillaires de la cloison perméable qui sépare les deux liquides hétérogènes, et que cette action reste abolie ou diminuée, tant qu'il reste dans ces conduits capillaires une certaine quantité de ces liquides *inactifs*. Nous avons observé plus haut le même phénomène avec les membranes organiques ; ainsi, il est général.

On pourrait penser que l'inaptitude des solides à produire l'endosmose proviendrait de ce que, n'étant point assez capillaires, ils seraient trop facilement perméables pour le liquide contenu dans l'endosmomètre, liquide qui, en vertu de sa pesanteur, s'écoulerait ainsi par des canaux trop peu capillaires pour opposer un obstacle à cet écoulement. C'est en effet ce qui a lieu quelquefois. Ainsi, par exemple, si l'on met en expérience un endosmomètre fermé avec un morceau de parchemin très-mince, on obtiendra d'abord de l'endosmose, mais bientôt le tissu du parchemin, amolli et dilaté par l'eau qui le gonfle, devient trop facilement perméable, et dès lors il cesse d'opérer l'endosmose. Le liquide intérieur de l'endosmomètre s'écoule au travers de la membrane, en vertu de sa pesanteur. Or, ce dernier effet est peut-être la cause qui produit l'absence de l'endosmose, lorsqu'un endosmomètre est fermé avec une plaque minérale très-facilement perméable aux liquides. Ainsi, je n'affirmerai point ici positivement que les solides siliceux soient *inactifs*, car je n'ai essayé que des lames de grès tendre très-facilement perméables aux liquides. Quant à la lame de grès dur qui a produit un peu d'endosmose, j'ignore si l'on doit attribuer cet effet à sa capillarité plus considérable, ou à sa nature particulière; car j'ai constaté par l'analyse chimique, que c'était un grès très-ferrugineux. N'ayant essayé que des lames diversement épaisses de la même chaux sulfatée assez perméable aux liquides, je n'ai point

des données suffisantes pour affirmer que cette substance soit *inactive*, quoique cela me paraisse fort probable.

Quant à la chaux carbonatée, ayant essayé des lames de cette substance pourvues de tous les degrés possibles de capillarité, et avec toutes sortes d'épaisseurs, sans obtenir le moindre effet d'endosmose, je n'hésite point à affirmer que cette substance est complètement *inactive*. Il n'y a donc, parmi les solides minéraux, que les solides alumineux qui jouissent éminemment de la qualité que je nomme l'*activité*, et qui consiste dans l'aptitude à produire l'endosmose. Je n'ai point expérimenté, à cet égard, la propriété des solides magnésiens, ni celle des solides de baryte ou de strontiane. L'argile cuite perd complètement la faculté d'opérer l'endosmose, lorsqu'elle est imprégnée d'hydrogène sulfuré; elle devient alors *inactive*, mais elle peut reprendre son *activité* en perdant l'hydrogène sulfuré qui la pénètre. On peut en dire autant des membranes organiques hydro-sulfurées. La chaux carbonatée est par elle-même ce qu'est l'argile par l'adjonction de l'hydrogène sulfuré; elle est *inactive* ou incapable de l'endosmose, quoique pourvue de toutes les conditions de la simple capillarité, ce qui prouve bien évidemment que l'attraction capillaire n'est pas la cause de l'endosmose; car cette attraction existe dans toute son intégrité dans l'argile hydro-sulfurée, dont la capillarité n'a point été altérée par l'hydrogène sulfuré. Les seuls liquides dont l'*inac-*

tivité soit démontrée, sont l'acide sulfurique et l'acide hydro-sulfurique ou hydrogène sulfuré. Ces deux liquides sont non seulement incapables d'exercer ou de provoquer l'endosmose, mais ils sont véritablement *ennemis* de cette action physique. Nous ignorons entièrement comment agissent, dans cette circonstance, ces deux liquides *sédatifs* de l'endosmose.

Quelquefois, lorsqu'on emploie des endosmomètres fermés avec des lames d'argile cuite, l'endosmose s'arrête subitement, et le liquide intérieur s'abaisse dans le tube. Cela ne tient point, comme on pourrait le penser, à ce qu'il y aurait dans l'appareil quelque élément d'*inactivité*. Cette suspension de l'endosmose tient à une autre cause qu'il importe de connaître. Lorsque la lame d'argile est mince et assez facilement perméable, il arrive que le liquide gommeux intérieur filtrant au travers de cette lame, se trouve enduire toute la surface inférieure de la lame qui baigne dans l'eau. On s'en aperçoit à ce que cette surface, au lieu d'être rude au toucher, est glissante et onctueuse. Dès lors, tout accès est interdit à l'eau pour pénétrer dans les conduits capillaires de la lame d'argile, et par conséquent l'endosmose est suspendue; mais on la voit renaître sur le champ, en essuyant ou en lavant la face inférieure de cette lame d'argile.

Il résulte de ces expériences que, par rapport à l'endosmose, il y a des solides *actifs* et des solides *inactifs*, et que les solides *actifs* peuvent posséder cette qualité d'*activité* à un degré plus ou moins émi-

nent. Ces expériences prouvent de même qu'il y a des liquides *actifs* et des liquides *inactifs*, et que les liquides *actifs* peuvent posséder la qualité d'*activité* à un degré plus ou moins éminent. Ainsi, l'endosmose résulte de l'influence réciproque des liquides actifs sur les solides actifs, et des solides actifs sur les liquides actifs. Il suffit qu'un seul de ces élémens d'action soit *inactif*, pour que l'endosmose n'ait point lieu. Ainsi, par exemple, tout étant convenablement disposé pour l'endosmose, cette action sera suspendue par l'addition d'un peu d'acide sulfurique ou d'acide hydro-sulfurique aux liquides, parce que ces deux acides sont *inactifs*. Ce sera de même en vain que deux liquides hétérogènes seront *actifs*; si la cloison perméable qui les sépare est *inactive*, il n'y aura point d'endosmose. Ainsi, il demeure démontré que ce phénomène résulte de deux influences combinées : 1° de l'influence des liquides sur le solide, influence qui détermine l'action de ce dernier; 2° de l'influence du solide sur les liquides, influence de laquelle résulte l'impulsion que reçoivent ces derniers.

Les liquides que l'on peut désigner sous le nom de *liquides organiques*, opèrent l'endosmose sans discontinuité tant qu'ils ne subissent aucune altération dans leur composition chimique, tant qu'ils restent dans l'*état sain*. Ces liquides sont, par exemple, les solutions de gomme, de sucre, de gélatine, d'albumine, d'extractif, toutes les émulsions, etc. Il n'en est pas de même des liquides que je désigne sous le nom de

chimiques, tels que les solutions salines et alkalines, les acides autres que l'acide sulfurique et l'acide hydro-sulfurique, l'alcohol, etc. Ces liquides opèrent tous l'endosmose, mais ce n'est pas *sans discontinuité*, comme cela a lieu pour les liquides *organiques*. Les liquides chimiques ont deux actions distinctes : l'une, qui est primitive et directe, par laquelle ils produisent l'endosmose ; l'autre, qui est consécutive et indirecte, par laquelle ils diminuent ou abolissent cette action physique. Les expériences suivantes mettront cette vérité dans tout son jour.

Une solution de gomme arabique ou de sucre étant mise dans un endosmomètre fermé avec un morceau de vessie, l'endosmose aura lieu pendant plusieurs jours, et ne s'arrêtera que lorsque ces liquides auront été altérés par la putréfaction commençante de la membrane organique. Si l'on ajoute à ces solutions un agent *chimique*, leur action d'endosmose sera augmentée, mais elle ne durera pas très-long-temps, surtout si la dose de l'agent excitateur chimique est assez considérable ; il y aura bientôt abolition de l'endosmose. Je pris une solution de sucre dans l'eau, dont la densité était 1,095 ; je notai le nombre de degrés que le mouvement ascensionnel de l'endosmose faisait parcourir à ce liquide pendant une heure dans le tube de l'endosmomètre fermé avec un morceau de vessie. Alors j'ajoutai au liquide sucré une certaine quantité d'hydrochlorate de soude, en sorte que, par cette addition, sa densité fut portée à 1,211. Le mouvement

ascensionnel du liquide dans le tube de l'endosmomètre fut environ quatre fois plus rapide dans la première heure ; mais dans les heures suivantes, il diminua graduellement de vîtesse ; et enfin, au bout de cinq heures, l'endosmose cessa complètement, et le liquide commença à descendre dans le tube de l'endosmomètre. Cet abaissement du liquide intérieur continua jusqu'à ce qu'il fût descendu au niveau de l'eau dans laquelle était plongé le réservoir de l'endosmomètre. Alors je retirai le liquide sucré et salé du réservoir, et je trouvai sa densité réduite à 1,115. Il s'agissait de savoir si l'abolition de l'endosmose était due à l'altération de ce liquide intérieur, ou à l'altération de la membrane de l'endosmomètre. J'introduisis donc ce liquide, extrait de l'endosmomètre ci-dessus, dans un autre endosmomètre dont la membrane de vessie était fraîche. Ce liquide opéra de l'endosmose pendant quatre heures et demie ; alors l'endosmose cessa encore, et le liquide s'abaissa dans le tube. En même temps, j'introduisis dans le premier endosmomètre qui avait cessé d'agir, une solution d'hydrochlorate de soude, dont la densité était 1,08, c'est-à-dire qui contenait environ une partie de sel sur huit parties d'eau. Il n'y eut point d'endosmose. Je remplaçai cette solution saline par une solution d'une partie de sucre dans trois parties d'eau, dont la densité était 1,110. L'endosmose eut lieu, mais avec environ quatre fois moins de vîtesse que celle qu'elle avait manifestée au commencement de l'expérience avec le liquide sucré, dont

la densité n'était que de 1,095. Ainsi, il est démontré que la membrane organique de l'endosmomètre avait subi, par l'action de l'hydrochlorate de soude, une altération particulière qui la rendait moins propre à opérer l'endosmose. C'est de là que provenait l'abolition de cette action dans les expériences qui viennent d'être exposées. Mais la membrane altérée possédait encore la faculté de produire l'endosmose, en mettant dans l'endosmomètre un liquide nouveau plus *actif* que celui dont l'action était devenue impuissante. Quant au liquide sucré et salé qui avait servi à ces expériences, il conservait toujours sa propriété de produire l'endosmose, et cela en vertu de sa densité ou de ses qualités chimiques particulières. Si la solution d'hydrochlorate de soude, dont la densité était 1,08, n'a point produit d'endosmose avec un endosmomètre dont la membrane avait déjà été altérée par l'action de cette substance saline, cela ne provient point de ce que cette solution n'aurait point été apte par elle-même à opérer l'endosmose. Cette solution, en effet, contenait une partie de sel sur huit parties d'eau. Or, j'ai expérimenté qu'il suffit d'ajouter à l'eau deux millièmes de son poids d'hydrochlorate de soude pour la rendre apte à opérer l'endosmose avec un endosmomètre fermé par un morceau de vessie non altérée.

J'ai obtenu des résultats analogues à ceux qui viennent d'être exposés, en associant l'eau sucrée au sulfate de soude, à l'acide hydrochlorique, à la potasse caustique (hydrate de potasse), et à l'alchool. Toujours

il y eut d'abord accroissement de l'endosmose, et ensuite abolition de cette action au bout de quelques heures. Cependant, cette abolition n'avait point lieu lorsque la quantité du liquide chimique associé au liquide organique, était peu considérable; il n'y avait alors que diminution de l'endosmose. J'ai obtenu des résultats analogues, en associant des liquides chimiques à la gomme arabique. Ainsi, les liquides chimiques qui, par eux-mêmes, sont aptes à opérer l'endosmose, augmentent à cet égard l'action des liquides organiques, lorsqu'ils leur sont associés; mais ils exercent consécutivement une action d'abolition ou de diminution de l'endosmose, action qui dépend de l'altération particulière qu'ils produisent dans la cloison membraneuse de l'endosmomètre. Il est bien remarquable que cette action d'abolition consécutive soit exercée par des liquides aussi différens entre eux que le sont, par exemple, les acides et les alkalis, les solutions salines et l'alchool, etc.

Il était important de rechercher si les liquides chimiques exerceraient également une action consécutive d'abolition de l'endosmose sur une lame d'argile dont serait fermé un endosmomètre. J'ai donc mis dans le réservoir d'un de ces endosmomètres une solution aqueuse de sucre, dont la densité était 1,226, et j'ai noté la vîtesse de l'endosmose opérée par ce liquide; alors j'ai ajouté à ce dernier une quantité d'hydrochlorate de soude, qui a porté sa densité à 1,271. La vîtesse de l'endosmose a été augmentée dans la pro-

portion de 12 à 13, et cette action a continué sans éprouver beaucoup de diminution pendant vingt heures; alors j'ai augmenté la dose de sel, ce qui a porté la densité du liquide à 1,339. La vîtesse de l'endosmose a été augmentée, et j'ai observé cette action pendant trois jours, sans en voir la fin. Ainsi, le liquide chimique introduit dans l'endosmomètre n'a produit, dans la lame d'argile qui le fermait, aucune altération capable d'abolir ou de diminuer l'endosmose. Cette action d'abolition consécutive n'a donc lieu que par rapport aux membranes organiques. Or, il est très-remarquable que l'abolition directe de l'endosmose par l'hydrogène sulfuré, a également lieu avec les membranes organiques et avec les lames d'argile. Ces deux phénomènes d'abolition de l'endosmose n'ont donc véritablement rien de semblable dans leur cause; l'une est une abolition directe, l'autre est une abolition indirecte.

Il résulte de ces expériences, que les liquides qui ont une action ou une influence quelconque sur l'endosmose, peuvent être divisés en trois classes :

1° Les liquides qui ne possèdent d'une manière sensible que la seule action de *production* constante de l'endosmose. Ce sont ceux que je désigne sous le nom de *liquides organiques;*

2° Les liquides qui ne possèdent d'une manière sensible que la seule action d'*abolition* de l'endosmose. Je ne connais que deux liquides de ce genre, savoir : l'acide sulfurique et l'acide hydro-sulfurique

ou hydrogène sulfuré. Ce sont en quelque sorte des *sédatifs* de l'endosmose ;

3° Les liquides qui possèdent à la fois les deux actions de *production* et d'*abolition* de l'endosmose. On peut désigner ces liquides par le nom d'*excitans chimiques de l'endosmose*. Leur action primitive ou directe est la *production* ou l'*augmentation* de l'endosmose ; leur action consécutive ou indirecte est l'*abolition* ou la *diminution* de cette action physique. Ces excitans chimiques n'agissent qu'en détruisant ou en diminuant dans le solide organique qu'ils traversent, les conditions en vertu desquelles leur action existe.

Les expériences qui viennent d'être exposées prouvent d'une manière incontestable que la force impulsive à laquelle est due l'endosmose, a son siége dans les conduits capillaires de la cloison perméable *active* qui sépare les deux liquides hétérogènes ; il s'agit actuellement de rechercher quelle est la nature de cette force capillaire inconnue.

L'endosmose est le résultat immédiat de la différence de densité, ou plus généralement de l'hétérogénéité des deux liquides que sépare une cloison perméable *active*. Ce résultat de la différence de densité de deux liquides doit d'abord faire penser qu'il est dû à une action électrique ; mais l'expérience physique prouve, ou du moins semble prouver qu'il ne résulte point d'électricité du contact des liquides de densité différente. M. Becquerel a prouvé que le con-

tact des liquides sur les solides produit de l'électricité; mais cet effet n'est prouvé que pour les liquides qui ont une action chimique sur les solides : or, le contact de l'eau et des liquides organiques sur les deux faces d'une membrane organique, ne produit aucune électricité appréciable au galvanomètre, ainsi que je m'en suis assuré par l'expérience. La cause de l'endosmose reste donc enveloppée de beaucoup d'obscurité. J'avais admis précédemment que cette cause était l'électricité. Je penche encore à le croire, mais cela n'est point suffisamment démontré; il n'existe, en faveur de cette opinion, que des probabilités que je vais exposer. J'ai cité dans un précédent ouvrage (1), l'expérience de M. Porret, qui prouve que les courans électriques de la pile voltaïque impriment à l'eau une impulsion qui lui donne un mouvement ascensionnel, lorsque ces courans sont dirigés au travers d'une membrane organique que l'eau baigne des deux côtés. Ainsi, l'on peut, par ce moyen purement électrique, produire de l'endosmose sans hétérogénéité des liquides. Je mis de l'eau distillée dans le réservoir d'un endosmomètre, qui plongeait lui-même dans l'eau distillée. Je mis le fil conjonctif négatif d'une pile voltaïque en contact avec l'eau intérieure, en faisant plonger ce fil dans l'intérieur du tube. Je mis le fil conjonctif positif en contact avec l'eau extérieure. Bientôt je vis l'eau monter dans le tube, et parvenir

(1) L'*Agent immédiat*, etc.

à son ouverture supérieure. L'eau s'écoula au-dehors, et cet écoulement ne cessa que lorsque l'action de la pile se fut affaiblie. Il résulte de ces expériences, qu'il existe deux causes d'endosmose : 1° l'hétérogénéité des liquides ; 2° l'électricité de la pile voltaïque.

Nous avons vu plus haut que l'endosmose par hétérogénéité des liquides n'a lieu qu'avec des solides *actifs*. Il s'agit de savoir si cette même condition est nécessaire pour l'endosmose par électricité de la pile. Je pris un endosmomètre fermé avec une lame de grès tendre. Je mis de l'eau distillée dans son réservoir, que je plongeai dans ce même liquide. Je mis le fil négatif de la pile en contact avec l'eau intérieure, et le fil positif en contact avec l'eau extérieure. Je n'obtins aucune endosmose, et par conséquent aucune ascension de l'eau dans le tube de l'endosmomètre. Je substituai à la lame de grès tendre la lame de grès dur ferrugineux, avec laquelle j'avais obtenu un peu d'endosmose *par hétérogénéité des liquides;* je n'obtins avec cette lame de grès dur aucune endosmose sensible par l'*électricité de la pile;* l'eau s'abaissa au contraire dans le tube. Mais ici il y a une cause d'erreur qu'il faut signaler. Le fil conjonctif négatif, en contact avec l'eau intérieure de l'endosmomètre, décompose cette eau, et par conséquent diminue son volume, en sorte que ce liquide s'abaissera dans le tube de l'endosmomètre, si la quantité de l'eau introduite par l'endosmose est inférieure à la quantité de l'eau décomposée. C'est ce qui pouvait avoir lieu avec

cette lame de grès dur, qui était difficilement perméable à l'eau : ainsi, cette expérience ne prouve rien. Cette même expérience, faite avec un endosmomètre fermé avec une lame de pierre à plâtre (chaux sulfatée calcarifère), ne donna aucun indice d'endosmose. Nous avons vu plus haut que cette même substance ne produisait point non plus d'endosmose par le moyen de l'hétérogénéité des liquides. Mais ici il y a une cause possible d'erreur qui existe également dans l'expérience faite avec une lame de grès tendre. Cette cause d'erreur consiste dans la possibilité qu'il y a que ces lames poreuses soient trop facilement perméables à l'eau. On sent, en effet, que l'ascension de l'eau dans le tube de l'endosmomètre ne peut s'opérer lorsque la filtration descendante de l'eau intérieure, par l'effet de la pesanteur, est plus considérable que ne l'est son ascension ou son introduction par l'effet de l'endosmose. Ainsi, ces expériences sont sans résultats bien positifs. Il n'en est pas de même des expériences semblables que j'ai faites avec des endosmomètres fermés avec des lames de chaux carbonatée, pourvues de tous les degrés possibles de la capillarité, depuis la pierre tendre à bâtir jusqu'au marbre blanc. Je n'ai obtenu dans ces expériences aucun signe d'endosmose par le moyen de l'électricité de la pile. On se rappelle que je n'ai de même obtenu aucune endosmose avec ces lames de carbonate calcaire, par le moyen de l'hétérogénéité des liquides : ainsi, cette substance est bien décidément *inactive* par rap-

port aux deux moyens que nous connaissons de produire l'endosmose. Cependant, j'ai expérimenté que l'impulsion électrique de la pile n'est pas tout à fait sans influence sur l'eau qui traverse les conduits capillaires de cette substance, quoique cette impulsion ne puisse élever l'eau au-dessus de son niveau. Je lutai, à un tube de trente-cinq millimètres de diamètre, une lame de *tuf* ou pierre tendre à bâtir; elle avait un centimètre d'épaisseur. Je plongeai verticalement ce tube dans un vase plein d'eau, en maintenant l'ouverture libre du tube au-dessus de la surface de ce liquide : au bout d'une heure, je trouvai 51 grains d'eau qui avaient été introduits dans ce tube par filtration au travers de la lame de chaux carbonatée, et sous une pression de huit centimètres d'eau. Je vidai le tube, et je le replaçai dans l'eau du vase, en faisant correspondre le fil conjonctif négatif de la pile avec la face intérieure de la lame de chaux carbonatée; l'eau du vase correspondait avec le fil conjonctif positif : au bout d'une heure, je trouvai 54 grains d'eau dans le tube. Ainsi, l'impulsion électrique s'était manifestée ici par l'introduction de 3 grains d'eau de plus que ce que pouvait faire la seule porosité. Je m'assurai de nouveau de la quantité d'eau que mon appareil pouvait introduire, dans l'espace d'une heure, sans le secours de l'électricité : je trouvai cette quantité un peu augmentée; l'eau introduite s'élevait à 53 grains. Alors, je recommençai l'expérience avec le courant électrique, et j'eus pour résultat l'introduc-

tion dans le tube de 60 grains d'eau : ainsi, le courant électrique dirigé du pôle positif au pôle négatif de la pile, exerce une légère impulsion sur l'eau, pour la déterminer à passer au travers du carbonate calcaire poreux ; mais cette impulsion est trop faible pour déterminer l'eau négative intérieure à prendre un niveau supérieur à celui de l'eau positive extérieure. C'est cette faiblesse de l'impulsion électrique qui fait que, dans cette circonstance, il n'y a point d'ascension de l'eau. Ainsi, le carbonate calcaire n'est pas complètement *inactif* par rapport à l'endosmose au moyen de l'électricité de la pile ; il est seulement *trop peu actif* pour produire l'ascension de l'eau. Il n'en est pas de même du grès. En effet, ayant répété l'expérience précédente avec un tube muni d'une lame de grès, je ne trouvai aucune différence dans la quantité de l'eau introduite par simple filtration, en vertu de la porosité, et la quantité de l'eau introduite sous l'influence ajoutée du courant électrique de la pile. Ceci prouve que ce courant électrique est ici d'une influence tout à fait nulle, et que par conséquent le solide siliceux est complètement *inactif*.

Il nous reste à examiner, dans ce genre d'expériences, l'effet des lames d'argile cuite, que nous savons être très-pourvues d'*activité* pour la production de l'endosmose par le moyen de l'hétérogénéité des liquides. J'ai donc pris un endosmomètre fermé avec une lame d'argile de deux millimètres d'épaisseur ; le réservoir de cet endosmomètre a été plongé infé-

rieurement dans l'eau, et sa cavité a été remplie d'eau jusqu'au niveau de l'eau extérieure : alors, j'ai introduit le fil conjonctif négatif dans le tube, jusqu'au contact de l'eau intérieure, et j'ai mis le fil conjonctif positif en contact avec l'eau extérieure. A l'instant, j'ai vu l'eau s'élever dans le tube de l'endosmomètre, et elle ne tarda pas à arriver au sommet et à s'écouler au-dehors. J'ai répété la même expérience, et avec le même succès, avec une lame d'argile de cinq millimètres d'épaisseur, et avec une autre lame d'argile d'un centimètre d'épaisseur. Dans cette dernière expérience, l'ascension de l'eau dans le tube fut très-lente. Il résulte de ces expériences, que l'argile cuite est très-*active* pour la production de l'endosmose, par le moyen de l'électricité de la pile.

J'ai voulu, enfin, expérimenter si les liquides *inactifs* ou *ennemis* de l'endosmose, par le moyen de l'hétérogénéité, étaient également *ennemis* de l'endosmose, par le moyen de l'électricité de la pile. J'ai donc répété l'expérience précédente en mettant, au lieu d'eau pure, dans l'endosmomètre, de l'eau avec addition d'hydro-sulfure d'ammoniaque. Le courant électrique de la pile étant appliqué, comme à l'ordinaire, à l'endosmomètre pourvu de sa lame d'argile, l'endosmose a eu lieu sans diminution appréciable. Ainsi, les liquides *ennemis* de l'endosmose par hétérogénéité des liquides, ne sont point du tout *ennemis* de l'endosmose par électricité de la pile.

L'endosmose par hétérogénéité des liquides offre

deux qualités qu'il est important d'étudier dans les variations qu'elles peuvent présenter. Ces deux qualités sont : 1° sa vîtesse, 2° sa force.

DE LA VÎTESSE DE L'ENDOSMOSE.

J'entends par *vîtesse de l'endosmose* la quantité dont un liquide s'élève dans le tube d'un endosmomètre dans un temps donné. En général, plus le liquide que eontient l'endosmomètre est dense, plus il y a de vîtesse d'endosmose. Il était important de déterminer quel est le rapport qui existe entre la densité des liquides et la vîtesse de l'endosmose qu'ils sont suseeptibles de produire. Pour faire des expérienees eomparatives à eet égard, il faut d'abord qu'elles soient faites avec le même endosmomètre; il faut, en second lieu, ne comparer entre elles que des expériences qui se suivent immédiatement; car l'endosmomètre fermé avec une membrane organique, avec un morceau de vessie par exemple, offre des résultats très-variables; en sorte que deux expérienees faites l'une après l'autre, et avec les mêmes liquides, n'offrent point toujours exactement les mêmes résultats. Si ees deux expérienees sont faites long-temps l'une après l'autre, on obtient quelquefois des résultats qui diffèrent de la moitié. Ces variations proviennent des ehangemens apportés dans la densité, ou dans la perméabilité de la membrane par sa longue

macération. Ainsi, lorsqu'on veut obtenir des résultats comparables dans ce genre de recherches, il faut faire chacune des expériences dans le moins de temps possible, les faire immédiatement les unes après les autres, et recommencer plusieurs fois la même série d'expériences comparées, afin de ne point être induit en erreur par des anomalies accidentelles. Il est tout à fait indispensable que la membrane de l'endosmomètre soit soutenue en dehors par la plaque métallique criblée de trous dont j'ai parlé plus haut. Il faut, en outre, avoir soin que l'endosmomètre soit placé dans un local dont la température ne varie point; car, ainsi que je l'ai démontré, l'augmentation de la température accroît l'endosmose.

L'endosmomètre avec lequel j'ai fait les expériences suivantes, possède un réservoir de quatre centimètres (1 pouce ½) de diamètre. Son tube a deux millimètres de diamètre intérieur. L'échelle graduée à laquelle il est fixé est divisée en dixièmes de pouce.

Première série d'expérience.

Je mis dans le réservoir de l'endosmomètre une solution d'une partie de sucre dans quatre parties d'eau. La densité de ce liquide était 1,083. Le réservoir, fermé avec un morceau de vessie, fut plongé dans de l'eau de pluie. Au bout d'une heure et demie d'expérience, j'avais obtenu 19 degrés ½ d'ascension. La densité du liquide sucré devait nécessairement

avoir subi de la diminution par le fait de l'introduction de l'eau. Effectivement, je trouvai cette densité réduite à 1,078; elle était, au commencement de l'expérience, à 1,083 : cela donne une densité moyenne de 1,080 pour cette première expérience.

Immédiatement après, je mis dans le réservoir du même endosmomètre une solution de deux parties de sucre dans quatre parties d'eau; sa densité était 1,145. Après une heure et demie d'expérience faite comme ci-dessus, j'avais obtenu 34 degrés d'ascension. La densité finale se trouva être 1,138, par conséquent la densité moyenne était 1,141 pour cette seconde expérience, à laquelle je fis immédiatement succéder la suivante. Je mis dans le réservoir de l'endosmomètre une solution de quatre parties de sucre dans quatre parties d'eau; sa densité était 1,228. J'obtins en une heure et demie 53 degrés d'ascension. La densité du liquide sucré était réduite à 1,216, ce qui donna une densité moyenne de 1,222.

Les résultats de cette expérience prouvent que la vîtesse de l'endosmose n'est point du tout proportionnelle aux quantités de sucre dissous dans l'eau. En effet, ces quantités sont 1, 2, 4 : or, en prenant pour base d'une semblable progression le nombre de degrés de la première expérience, qui est 19 $\frac{1}{2}$, on aurait pour les élévations ou pour les vîtesses proportionnelles des trois expériences, 19 $\frac{1}{2}$, 39, 78, tandis que l'observation donne 19 $\frac{1}{2}$, 34, 53. Ce résultat de l'expérience n'offre également aucun rapport avec les

densités respectives des trois liquides sucrés. Les densités moyennes de ces liquides sont 1,080, 1,141, 1,222: or, en établissant une progression semblable, dont le premier terme serait 19 ½, on aurait 19 ½, 20, 22, ce qui s'éloigne considérablement du résultat de l expérience; mais ce qui s'en rapproche tout à fait, c'est une progression dont le premier terme serait de même 19 ½, et qui serait comme les nombres 0,080, 0,141, 0,222, qui expriment la différence de la densité de chacun des trois liquides sucrés avec la densité de l'eau, qui est 1. Cette nouvelle progression serait 19 ½, 34, 54 : or, l'observation donne 19 ½, 34, 53. Il n'y a évidemment entre ces deux résultats que la légère différence qui ne peut manquer de résulter des inexactitudes inévitables de l'expérience.

Deuxième série d'expériences.

Le même endosmomètre fermé avec un morceau de vessie, fut mis en expérience successivement avec les trois liquides sucrés ci-après :

1° Eau sucrée, densité primitive, 1,045; densité finale, 1,043; densité moyenne, 1,044; ascension du liquide, 10 degrés ¼ en une heure et demie;

2° Eau sucrée, densité primitive, 1,075; densité finale, 1,065; densité moyenne, 1,070; ascension du liquide, 17 degrés en une heure et demie;

3° Eau sucrée, densité primitive, 1,145; densité finale, 1,133; densité moyenne, 1,139; ascension du liquide, 32 degrés ½ en une heure et demie.

Les ascensions ou les vîtesses proportionnelles de l'endosmose sont ici 10 $^1/_4$, 17, 32 $^1/_2$. Les différences de la densité moyenne des trois liquides sucrés avec la densité de l'eau, sont 0,044, 0,070, 0,139 : or, en établissant une progression semblable sur 10 $^1/_4$, vîtesse de l'endosmose donnée par la première expérience, on aurait 10 $^1/_4$, 16 $^3/_{10}$, 32 $^3/_{10}$. Ce résultat du calcul est, comme on le voit, presque entièrement semblable au résultat de l'expérience.

Troisième série d'expériences.

L'endosmomètre précédent fut fermé avec une lame d'argile très-compacte, épaisse de deux lignes et demie. J'y mis en expérience successivement les trois liquides sucrés ci-après :

1° Eau sucrée, densité primitive, 1,049 ; densité finale, 1,043 ; densité moyenne, 1,046 ; ascension du liquide, 9 degrés en six heures d'expérience ;

2° Eau sucrée, densité primitive, 1,082 ; densité finale, 1,076 ; densité moyenne, 1,079 ; ascension du liquide, 14 degrés $^1/_2$ en six heures d'expérience ;

3° Eau sucrée, densité primitive, 1,145 ; densité finale, 1,136 ; densité moyenne, 1,140 ; ascension du liquide, 30 degrés en six heures d'expérience.

Les ascensions dans un temps égal, c'est-à-dire les vîtesses de l'endosmose, sont 9, 14 $^1/_2$, 30. Les excès de la densité moyenne des liquides sucrés sur la densité de l'eau, sont 0,046, 0,079, 0,140 : or, en établissant une progression semblable, dont le premier

erme est 9, on trouve 9, 15,6, 28. Ce résultat du calcul diffère assez peu du résultat de l'expérience, pour qu'on puisse admettre que leur différence tient à des causes accidentelles d'erreur. Nous allons en acquérir la preuve tout à l'heure.

Quatrième série d'expériences.

Les trois expériences précédentes ont été faites avec une lame d'argile qui servait pour la première fois. Les expériences suivantes ont été faites avec la même lame d'argile qui servait sans interruption aux expériences depuis deux jours, et qui, par conséquent, était plus complètement imbibée, et plus facilement perméable que dans le principe.

1° Eau sucrée, densité primitive, 1,047; densité finale, 1,043; densité moyenne, 1,045; ascension du liquide, 3 degrés ½ en une heure et demie;

2° Eau sucrée, densité primitive, 1,258; densité finale, 1,252; densité moyenne, 1,255; ascension du liquide, 19 degrés ½ en une heure et demie.

Les ascensions du liquide ou les vîtesses de l'endosmose sont 3 ½, 19 ½. Les excès de la densité moyenne des liquides sucrés sur la densité de l'eau, sont 0,045, 0,255. Le calcul de l'ascension établi sur cette proportion donne 3 ½, 20, résultat évidemment semblable à celui que donne l'expérience. Ici nous trouvons la cause de l'erreur que nous avons soupçonnée dans la troisième série d'expériences. Nous voyons que, dans cette troisième série, l'eau sucrée, dont la

densité moyenne est 1,046, a produit une ascension de 9 degrés en six heures, tandis que, dans la quatrième série, l'eau sucrée, dont la densité moyenne est 1,045, a produit trois degrés ½ d'ascension en une heure et demie, ce qui donnerait 14 degrés en six heures. On voit par-là que la même lame d'argile peut, avec les mêmes liquides, donner des résultats d'endosmose très-différens. Lorsque cette lame est en expérience depuis un certain temps, et qu'elle est bien complètement imbibée, elle opère plus d'endosmose qu'elle n'en opérait dans le principe. C'est pour cela que la dernière expérience de la troisième série offre un résultat supérieur à celui qui est donné par le calcul.

Il résulte définitivement de ces expériences, que les vîtesses de l'endosmose produites par des liquides intérieurs de diverses densités, sont proportionnelles aux excès de la densité de ces liquides intérieurs sur la densité de l'eau, qui est le liquide extérieur.

DE LA FORCE DE L'ENDOSMOSE.

Pour mesurer la force de l'endosmose, j'ai fait construire un appareil à peu près semblable à celui dont Hales, et, après lui, MM. Mirbel et Chevreul, se sont servis pour mesurer la force ascensionnelle de la sève de la vigne. Cet appareil est un endosmomètre (fig. 3) dont le tube, au lieu d'être droit, est courbé deux

ois sur lui-même. Par l'ouverture supérieure *d* de la
rande branche ascendante, je verse du mercure, qui
ombe dans la courbure inférieure *c*, où il se met de
iiveau en *g*. Au sommet de la courbure supérieure
st une ouverture *b*, par laquelle j'introduis le liquide
que je veux mettre en expérience dans le réservoir *a*.
e remplis du même liquide la partie *eb*, ainsi que
a partie *bg*. La pression de la colonne *bg* de liquide
efoule le mercure jusqu'en *f*, et le porte jusqu'en *i*
ans la branche ascendante *cd*; alors je ferme l'ou-
erture *d* avec un bouchon très-solidement maintenu
ar un coin placé entre ce bouchon et un épaule-
ment que porte la planche sur laquelle l'appareil est
ixé. De cette manière, il n'y a point d'air dans la
artie *ebf* du tube; elle est remplie du même liquide
que contient le réservoir *a*. L'ouverture *o* du réser-
oir est fermée avec trois morceaux de vessie superpo-
és, lesquels sont fixés très-solidement, au moyen de
igatures, dans les deux gorges circulaires dont le ré-
ervoir est muni. Je fortifie cet assemblage par dehors
ar l'addition d'un morceau de fort canevas. L'ouver-
ure *o* du réservoir a cinq centimètres (un pouce dix
ignes) de diamètre. Lorsqu'on veut faire marcher
'expérience, on plonge entièrement le réservoir *a*
lans un vase plein d'eau *h*, que l'on peut ôter et re-
mettre à volonté sans déranger l'appareil. Dans l'état
où se trouve l'appareil par la description que je viens
le donner, la membrane qui ferme l'ouverture *o* de
'endosmomètre n'est pressée que par la colonne de

liquide *eb*. La colonne *ci* de mercure est égale en pesanteur à la colonne *fc* de mercure, plus la colonne *fb* de liquide.

Cet appareil étant mis en expérience, l'endosmose introduit l'eau du vase *h* dans le réservoir *a*. Le volume du liquide intérieur étant ainsi augmenté, la surface *f* du mercure est refoulée en bas, et la surface *i* prend un mouvement ascensionnel. Le diamètre intérieur de la branche descendante *bc* est beaucoup plus considérable que ne l'est le diamètre intérieur de la branche ascendante *cd*, en sorte qu'une faible dépression de la surface *f* du mercure correspond à une ascension plus considérable de la surface du mercure en *i*. Sans cela, on ne pourrait observer en *i* qu'une ascension égale à *fc*, ce qui serait trop peu considérable ; d'ailleurs, la dépression du mercure en *f* est diminuée par la dépression qu'éprouve la membrane *oo*, dépression qui est d'autant plus considérable, que la colonne de mercure est plus élevée en *i*. Cette dépression de la membrane *oo* est ici sans inconvénient, et la force de l'endosmose s'apprécie d'une manière exacte par la pesanteur de la colonne de mercure comprise entre les deux niveaux *f*, *i*, en diminuant sur le poids de cette colonne le poids de la colonne *fb* du liquide, et en y ajoutant le poids de la colonne *eb* du liquide intérieur, dont la pesanteur spécifique est connue. Ce calcul ne se fait qu'à la fin de l'expérience, pendant le cours de laquelle il n'est besoin que de constater l'existence du mouvement

ascensionnel du mercure en *i*. Lorsque ce mouvement ascensionnel s'arrête, l'expérience est terminée.

La gomme arabique et le sucre sont les seules substance en solution dont je me sois servi dans mes expériences sur la force de l'endosmose. J'ai fini par donner la préférence au sucre, qui a sur la gomme l'avantage très-considérable d'agir sur la membrane de l'endosmomètre, comme substance conservatrice, en retardant sa putréfaction, propriété tout à fait étrangère à la gomme. Lorsque le liquide intérieur acquiert une odeur putride, il cesse d'être propre à l'endosmose, et cela par l'effet de l'hydrogène sulfuré que développe toute putréfaction animale. Or, on prévient cet effet, en mettant dans le réservoir de l'endosmomètre une solution aqueuse de sucre suffisamment chargée; alors il n'y a plus que la partie extérieure de la membrane dont la putréfaction commençante puisse imprégner d'hydrogène sulfuré l'eau dans laquelle baigne le réservoir de l'endosmomètre. Lorsque cela arrive, l'endosmose s'arrête, mais elle recommence de suite, en mettant de nouvelle eau pure dans le vase où baigne le réservoir. D'après cette observation, j'avais soin de changer souvent cette eau extérieure. Une solution d'une partie de gomme dans trois parties d'eau, solution dont la densité était 1,095, avait élevé le mercure à 75 centimètres (28 pouces). C'était la limite du tube de mon appareil, mais ce n'était pas celle de la force d'endosmose qui existait dans cette circonstance. Je construisis donc un endos-

momètre dont le tube avait plus d'étendue, et je me servis exclusivement d'eau sucrée dans les expériences subséquentes. Ces expériences, que j'ai multipliées pendant plus de deux mois, exigent de la patience. Ce n'est que par de nombreux tâtonnemens que je suis parvenu à des résultats tels que vont les offrir les expériences choisies que je vais exposer. Voici comment je procédais à ces expériences. Le réservoir de l'endosmomètre étant rempli du liquide sucré dont la densité m'était connue, et ce réservoir étant plongé dans l'eau, je versais du mercure dans la grande branche ascendante de l'endosmomètre par l'ouverture *d*, et cela jusqu'à une hauteur arbitraire, mais de beaucoup inférieure à la hauteur à laquelle la colonne de mercure devait être portée par la force de l'endosmose. Mes expériences antécédentes m'avaient fourni des données approximatives à cet égard. J'attendais que le mercure eût monté dans le tube par l'impulsion de la force d'endosmose; alors j'ajoutais une certaine quantité de mercure à la colonne, en le versant par l'ouverture supérieure *d* du tube. J'attendais encore que l'endosmose eût fait monter la colonne; alors j'ajoutais de nouveau mercure. Je cessais d'opérer cette addition à la hauteur de la colonne, lorsque je voyais, par l'extrême lenteur de son ascension, que la force de l'endosme approchait de sa limite; alors je laissais cette force opérer seule l'ascension du mercure, jusqu'au point où cette ascension s'arrêtait définitivement; alors je calculais, comme je l'ai dit plus haut,

la pesanteur de la colonne de mercure soulevée par l'endosmose. J'évacuais ensuite le réservoir de l'endosmomètre par l'ouverture *b*, et je mesurais la densité ou la pesanteur spécifique du liquide sucré extrait de ce réservoir. Cette densité finale devait être seule prise en considération, puisque c'est sous son influence que s'était terminée l'ascension de la colonne de mercure. Ces explications données, je vais exposer trois des expériences par lesquelles je suis parvenu à la connaissance de la loi qui préside à la force de l'endosmose.

J'ai préparé trois solutions aqueuses de sucre, dont les densités étaient 1,035, 1,070, 1,140. Cette dernière contenait un peu moins d'une partie de sucre sur deux parties d'eau. Les excès des densités de ces trois solutions sur la densité de l'eau étaient, comme on voit, dans la progression 1, 2, 4.

Je mis dans le réservoir de l'endosmomètre la solution sucrée 1,035, et je le chargeai d'une colonne de mercure d'un pouce de hauteur. L'expérience fut conduite comme il a été dit plus haut; et au bout de vingt-huit heures, l'ascension de la colonne de mercure s'arrêta à 286 millimètres (10 pouces 7 lignes). Je fais entrer dans cette estimation le poids de la colonne d'eau sucrée qui pesait immédiatement sur la membrane et l'endosmomètre. Le liquide sucré, pesé après l'expérience, se trouva réduit à la densité de 1,025, densité qui est à peu près celle d'une solution qui contient une partie de sucre sur seize parties d'eau.

Immédiatement après cette première expérience, je mis dans le réservoir de l'endosmomètre la seconde solution sucrée 1,070, et je la chargeai d'abord d'une colonne de mercure de 27 centimètres (10 pouces) de hauteur. L'expérience dura trente-six heures. Au bout de ce temps, l'ascension de la colonne de mercure s'arrêta, et j'évaluai sa hauteur à 617 millimètres (22 pouces 10 lignes). Le liquide sucré, pesé après l'expérience, était réduit à la densité de 1,053, densité qui est à peu près celle d'une solution qui contient une partie de sucre sur sept parties d'eau.

Je mis ensuite en expérience le troisième liquide sucré 1,140, et je le chargeai d'abord d'une colonne de mercure de 595 millimètres (22 pouces). L'expérience dura deux jours entiers. La colonne de mercure ayant terminé son ascension, je l'évaluai à 1 mètre 238 millimètres (45 pouces 9 lignes). Le liquide sucré, pesé après l'expérience, était réduit à la densité de 1,110, densité qui est exactement celle d'une solution qui contient une partie de sucre sur trois parties d'eau. Ces trois expériences furent faites dans un local dont la température, qui ne variait nullement, fut constamment à + 16 degrés ½ R.

On voit, par ces expériences, que la loi qui préside à la force de l'endosmose est la même que celle qui préside à sa vîtesse, résultat qui devait être prévu. Nous avons vu que la vîtesse de l'endosmose, produite par des liquides intérieurs de même nature et de densités diverses, l'eau étant toujours le liquide exté-

rieur, que cette vîtesse, dis-je, est proportionnelle aux excès des densités des liquides intérieurs sur la densité de l'eau. Nous trouvons la même loi pour la force de l'endosmose. En effet, dans les trois expériences précédentes, nous avons des liquides intérieurs dont les densités finales sont 1,025, 1,053, 1,110. Les excès de densité de ces liquides sur la densité de l'eau, sont 0,025, 0,053, 0,110. Or, établissons une progression semblable, en prenant pour premier terme 286 millimètres (10 pouces 7 lignes), hauteur de la colonne de mercure soulevée par l'endosmose du premier liquide sucré, nous aurons 286^{mm}, 606^{mm}, 1,258^{mm}, c'est-à-dire, 10 p. 7 l., 22 p. 5 l., 46 p. 6 l. Or, l'observation donne 286^{mm}, 617^{mm}, 1,238^{mm}, c'est-à-dire, 10 p. 7 l., 22 p. 10 l., 45 p. 9 l. Il n'y a évidemment ici, entre les résultats de l'expérience et ceux du calcul, que les différences légères qui sont inévitables dans les expériences de ce genre. Ainsi, il est démontré que la force de l'endosmose, produite par différentes densités d'un même liquide intérieur, l'eau étant le liquide extérieur, et la température étant constante, est proportionnelle aux quantités qui expriment, dans deux expériences comparées, les excès de la densité des deux liquides intérieurs sur la densité de l'eau, qui est le liquide extérieur.

D'après cette loi, on peut calculer qu'avec l'endosmomètre qui a servi à ces expériences, et par la même température, le sirop de sucre, à la densité de 1,3,

produirait une endosmose capable de soulever une colonne de 127 pouces de mercure, ou du poids de 4 atmosphères 1/2.

Ceux qui tiennent encore à ne voir dans le phénomène de l'endosmose, qu'un simple effet d'attraction capillaire et d'attraction réciproque des liquides, croiront sans doute que si le liquide intérieur de l'endosmomètre, pressé par une haute colonne de mercure, monte au lieu de descendre, cela proviendrait, d'une part, de l'impossibilité où serait le liquide intérieur de filtrer, au travers de la membrane de l'endosmomètre, en raison de sa viscosité, et, d'une autre part, de la facilité avec laquelle l'eau peut traverser cette membrane; en sorte que l'attraction réciproque des deux liquides ayant lieu, et un seul d'entre eux pouvant traverser la cloison, il en résulterait que ce dernier marcherait seul au travers de la membrane pour aller se réunir au liquide opposé, dont il augmenterait ainsi le volume. Mais cette théorie, en apparence séduisante, est infirmée par l'expérience. J'ai rapporté plus haut qu'une solution d'une partie de gomme arabique dans trois parties d'eau, avait, par endosmose, élevé le mercure à 75 centimètres (28 pouces), et l'eût élevé plus haut, si mon tube eût eu plus de longueur. Je remplaçai l'eau dans laquelle baignait le réservoir de l'endosmomètre, par une solution d'une partie de gomme arabique dans dix parties d'eau. Dès ce moment, le liquide gommeux intérieur s'abaissa dans le tube de l'endosmo-

mètre. Cet abaissement extrêmement lent, étant arrivé à 72 centimètres, je replaçai le réservoir de l'endosmomètre dans l'eau pure. Dès ce moment, le mercure reprit son mouvement ascensionnel comme auparavant. Ainsi, le liquide gommeux intérieur avait la possibilité de filtrer au travers de la membrane, et cette filtration s'opérait sous la pression de la colonne de mercure, lorsque le liquide extérieur était augmenté de densité. Cependant, d'après les lois connues de l'hydrostatique, l'augmentation de densité de ce liquide extérieur, bien loin de favoriser l'écoulement du liquide intérieur, aurait dû, au contraire, le rendre plus difficile. Il existe donc, dans cette circonstance, une force inconnue qui met obstacle à l'écoulement du liquide intérieur, auquel la membrane livre cependant un passage suffisamment facile par ses voies capillaires; c'est cette même force qui produit le mouvement ascensionnel de l'eau au travers de la membrane. Cette force est incontestablement une force intra-capillaire, mais ce n'est point l'attraction capillaire connue jusqu'à ce jour ; cette dernière est une force d'ascension et de station qui ne porte jamais les liquides au-delà des voies capillaires; l'endosmose est le résultat d'une force de perméation qui exige le concours de deux liquides différens, et qui porte ces deux liquides en sens inverse au travers des voies capillaires, en les chassant au-dehors. Tous les solides poreux et tous les liquides sont aptes à opérer l'ascension capillaire; certains

solides et certains liquides seulement sont aptes à opérer la double perméation capillaire. L'augmentation de température diminue la force d'ascension capillaire; elle augmente la force de perméation capillaire. Ainsi, ces deux forces *intra-capillaires* paraissent être essentiellement différentes.

RECHERCHES

SUR LA CAUSE ET SUR LE MÉCANISME

DE

L'IRRITABILITÉ VÉGÉTALE.

L'importance de la physiologie comparée des végétaux et des animaux est aujourd'hui sentie par tous les bons esprits. La vie a des phénomènes généraux qui appartiennent au règne végétal comme au règne animal. Il est donc nécessaire d'étudier comparativement ces phénomènes chez tous les êtres vivans sans exception. C'est de cette étude que sortira la *physiologie générale*, science qui est encore à créer, mais pour laquelle il existe de nombreux matériaux.

L'irritabilité est un de ces phénomènes généraux qui appartiennent aux végétaux comme aux animaux; mais chez ces deux classes d'êtres, ce phénomène présente des modifications très-remarquables, et telles que certains physiologistes ont pu douter si l'irritabilité était véritablement un phénomène semblable chez les végétaux et chez les animaux. Mais l'observation prouve que ces modifications ne sont dans le fait que des simplifications du phénomène, en sorte que les

végétaux présentent, dans le plus grand degré de simplicité, ce phénomène d'irritabilité que les animaux ne présentent ordinairement qu'avec certaines complications. Ce sont donc les végétaux qui sont appelés à donner la solution de ce problême, l'un des plus importans de la physiologie, solution à laquelle l'étude des seuls animaux ne conduirait jamais.

J'ai annoncé, dans un précédent ouvrage (1), que l'irritabilité végétale consistait exclusivement dans la propriété que possèdent certaines parties des végétaux de prendre un état de courbure élastique, et de s'y maintenir, tantôt d'une manière fixe et permanente, tantôt d'une manière temporaire, en sorte que dans ce dernier cas l'incurvation alterne avec un état de redressement. Depuis que j'ai découvert qu'il existe chez les végétaux une irritabilité dont l'exercice ne se manifeste par aucune courbure, par aucune inflexion de parties, en sorte qu'elle consiste dans une véritable contractilité, j'ai étudié avec beaucoup d'attention ces deux ordres de phénomène d'irritabilité végétale, et cette étude m'a conduit à la connaissance du mécanisme intime au moyen duquel il s'opère.

---

(1) *Recherches anatomiques et physiologiques sur la structure intime des animaux et des végétaux, et sur leur motilité.*

OBSERVATIONS ET EXPÉRIENCES SUR L'IRRITABILITÉ DE LA BALSAMINE.
(*Impatiens balsamina.*)

On sait que les valves de l'ovaire de la balsamine, à l'époque de la maturité, se séparent les unes des autres, et que chacune d'elles se roule en spirale *en dedans*, c'est-à-dire que sa convexité est en dehors, ou du côté de l'épiderme. Si on les redresse, elles retournent spontanément et avec vivacité à leur état d'incurvation, lorsqu'on les abandonne à elles-mêmes. Si on les plonge dans l'eau, elles se courbent encore plus profondément; si on les laisse se dessécher à moitié, elles tombent dans l'état de flaccidité ou de relâchement, et perdent leur tendance élastique à l'incurvation. Ces premiers faits prouvent déjà que la présence de l'eau dans les organes qui composent le tissu de la valve, est une des conditions de l'existence de sa tendance à l'incurvation. Si l'on plonge dans l'eau la valve à moitié flétrie par l'évaporation de ses liquides intérieurs, elle absorbe ce liquide, reprend son état turgide vital, et son incurvation élastique, ou son irritabilité. Si on laisse dessécher presqu'entièrement la valve à l'air libre, elle ne reprend plus du tout son état turgide et son incursation lorsqu'on la plonge dans l'eau. Elle s'imbibe entièrement, et jusqu'à complète saturation, mais elle n'absorbe point

l'eau *avec excès* comme elle le faisait auparavant ; elle ne redevient point turgide ; elle demeure constamment dans l'état de flaccidité ; elle a complètement perdu son irritabilité. Cette dernière expérience m'a conduit à penser que l'irritabilité tenait à l'existence du liquide organique qui remplissait les organes vésiculaires dont la valve est composée, et que c'était, non par une simple imbibition, mais par endosmose que l'eau était introduite dans le tissu organique irritable. Les expériences qui vont être exposées confirmeront ce premier aperçu.

Le tissu organique qui compose la valve de l'ovaire de la balsamine, vu au microscope, se trouve composé par une agrégation d'utricules ou de vésicules. C'est, en totalité, ce que l'on nomme improprement un *tissu cellulaire* et qui sera mieux nommé *tissu vésiculaire*. Mais il y a une chose très-remarquable dans ce tissu vésiculaire, c'est que les vésicules, grandes à la partie externe, vont toujours en décroissant de grosseur, jusqu'à la partie interne, où elles sont le plus petites. Cette disposition dévoile complètement la cause de la tendance à l'incurvation. Toutes les vésicules étant pleines jusqu'à l'état turgide, l'incurvation de la valve en dedans en est le résultat nécessaire. Les vésicules qui composent ce tissu sont, dans l'état naturel, remplies par un liquide organique plus ou moins dense. Lorsque ces vésicules éprouvent extérieurement l'accession de l'eau, elles exercent l'endosmose, par cela seul qu'elles contiennent un liquide

organique plus dense que l'eau. Alors elles deviennent turgides, et le tissu, distendu plus en dehors qu'en dedans, prend un état d'incurvation en dedans (1). Lorsqu'une dessication prolongée a enlevé le liquide intérieur des vésicules, celles-ci s'imbibent de l'eau dont elles éprouvent extérieurement l'accession, mais elle n'exercent plus d'endosmose; elles ne deviennent plus turgides; le tissu demeure dans l'état de flaccidité; l'irritabilité est abolie. Du moment qu'il me fut démontré que l'accession extérieure de l'eau était la cause de l'endosmose des vésicules qui contenaient un liquide organique dense, et que cette endosmose était la cause de l'état turgide du tissu; du moment qu'en outre il me fut démontré que l'incurvation de ce tissu était le résultat de l'inégalité de ses vésicules, grandes en dehors, et petites en dedans, il me parut certain qu'en substituant à l'eau un liquide plus dense que celui que contenaient les vésicules, je produirais, non plus de l'endosmose, mais de l'exosmose, et, par suite, une incurvation de la valve dans le sens opposé à celui de son incurvation naturelle. Je plongeai donc plusieurs de ces valves, qui étaient courbées en dedans, dans du sirop de sucre. Elles ne

(1) Toutes les fois que je dirai, en parlant d'une partie végétale, qu'elle se courbe *en dedans* ou qu'elle se courbe *en dehors*, cela signifiera, dans le premier cas, que la concavité de la courbure est tournée vers l'intérieur ou le centre du végétal, et, dans le second cas, que la concavité de la courbure est tournée vers l'extérieur.

tardèrent pas à perdre leur état d'incurvation, et à devenir droites. Bientôt après, elles se roulèrent en spirale en dehors. Cet effet, que j'avais prévu, était un résultat nécessaire de l'exosmose, qui soutirait le liquide organique moins dense que le sirop, liquide qui remplissait les vésicules du tissu de la valve. Ces vésicules étant désemplies, la valve se roulait en dehors, parce que, de ce côté, les vésicules, plus grandes, avaient plus perdu de liquide; il y avait, de ce côté, moins de matière solide qu'en dedans; dès lors, il devait y avoir incurvation de ce côté, lors de la soustraction d'une grande partie du liquide, qui, en gonflant ces vésicules, leur faisait occuper un espace considérable. Je transportai dans l'eau ces valves roulées en spirale en dehors; elles ne tardèrent pas à se dérouler, et, enfin, à reprendre leur état naturel d'incurvation en dedans; ici, leurs vésicules composantes exerçaient de nouveau l'endosmose, et l'incurvation en dedans en était le résultat. Je transportai de nouveau mes valves dans le sirop. Elles se roulèrent en dehors; je les replaçai dans l'eau, elles se courbèrent en dedans. Je répétai ce double jeu d'incurvation neuf fois en cinq heures de temps. Alors, les valves cessèrent de se courber en dedans, lorsque je les plongeais dans l'eau; elles ne reprenaient plus assez pour cela leur état turgide, ce qui provenait de ce que l'action d'exosmose, provoquée par l'immersion dans le sirop, avait soutiré en grande partie leur liquide dense intérieur; il ne leur en restait plus assez pour exercer

une endosmose suffisante pour les replacer dans l'état turgide; dès lors, il n'y avait plus d'incurvation en dedans. Mais l'immersion dans le sirop produisait toujours le roulement en dehors, jusqu'au *summum*, parce que cette incurvation était le résultat de l'exosmose, laquelle, loin d'éprouver de la diminution, allait, au contraire, toujours en augmentant d'énergie, puisque le liquide intérieur des vésicules devenait de moins en moins dense, l'eau ayant remplacé huit ou neuf fois le liquide organique intérieur, soutiré par l'exosmose qu'occasionnait l'immersion dans le sirop. Je mis sous le microscope une lame mince de valve, plongée dans du sirop de sucre. Je fus ainsi à même de voir d'une manière immédiate le mécanisme de son incurvation. Je vis toutes les vésicules, et spécialement les plus grandes, qui occupaient son côté extérieur convexe, perdre assez rapidement de leur diamètre, par l'effet de leur déplétion, et l'incurvation en dehors de la lame de valve en fut l'effet.

Il résulte de ces expériences, que les valves de la balsamine perdent leur irritabilité ou leur faculté d'incurvation élastique en dedans, lorsque le liquide organique dense qui remplit leurs vésicules est soutiré, soit par l'évaporation, soit par l'exosmose. C'est donc à l'existence de ce liquide intérieur dense qu'est due l'irritabilité. Si l'on pouvait rendre aux vésicules le liquide dense qu'elles ont perdu, on leur rendrait leur faculté de devenir turgides par endosmose, lors de l'accession extérieure de l'eau; on rendrait par

conséquent aux valves leur faculté de prendre une incurvation en dedans, c'est-à-dire qu'on leur rendrait leur irritabilité perdue. C'est effectivement ce que j'ai fait par les deux expériences suivantes. J'ai fait dessécher à l'air libre des valves d'ovaire de balsamine, en ayant soin de les empêcher de se tortiller, et de les conserver dans la rectitude. Lorsque cette dessication me parut à peu près complète, j'achevai de la déterminer à l'aide de la chaleur douce du feu. Les valves ainsi desséchées étaient devenues cassantes et friables. J'en plongeai quelques-unes dans l'eau; elles s'imbibèrent jusqu'à saturation, et demeurèrent droites dans l'état de flaccidité. Je plongeai plusieurs autres de ces valves dans de l'eau très-sucrée; elles s'imbibèrent de ce liquide dense jusqu'à saturation, et demeurèrent de même dans l'état de rectitude et de flaccidité. Lorsque je jugeai que les vésicules composantes de leur tissu avaient absorbé par imbibition du liquide sucré autant qu'elles pouvaient le faire, en vertu de leur simple capillarité, je plongeai ces valves dans l'eau; elles ne tardèrent pas à l'absorber par l'effet de l'endosmose, provoquée par la présence d'un liquide dense dans les vésicules; leur tissu vésiculaire devint turgide, et l'incurvation des valves en dedans eut lieu de la même manière que dans l'état naturel. Je transportai ces valves dans du sirop de sucre, elles se roulèrent en dehors; je les replaçai dans l'eau, elles se courbèrent de nouveau en dedans; en un mot, ces valves avaient repris leur irritabilité par une véri-

table résurrection ; seulement leur incurvation n'avait pas autant de force d'élasticité que dans l'état naturel.

Je viens d'exposer comment l'exosmose produite par l'immersion alternative, souvent répétée dans le sirop et dans l'eau, avait fini par soutirer la plus grande partie du liquide organique dense que contenaient originairement les vésicules, en le remplaçant par de l'eau. Il résultait de là l'impossibilité au tissu de la valve de reprendre dorénavant son état turgide, et par conséquent son incurvation en dedans, ou son irritabilité naturelle ; mais, en abandonnant longtemps dans le sirop ces valves ainsi privées de leur liquide dense naturel, ce liquide sucré tend à les pénétrer par imbibition. Les vésicules s'en remplissent, en sorte qu'au bout de huit à dix jours, si l'on transporte ces valves dans l'eau, elles quittent leur incurvation en dehors, et reprennent leur incurvation naturelle en dedans ; elles ont récupéré leur irritabilité en récupérant un liquide dense dans l'intérieur de leurs vésicules.

Il résulte de ces observations, que l'irritabilité de la balsamine consiste dans une faculté d'incurvation élastique qui résulte de l'état turgide par endosmose d'un tissu vésiculaire à vésicules larges et rares au côté convexe, petites et serrées au côté concave. C'est l'accession extérieure de l'eau sur ces vésicules remplies d'un liquide organique dense, qui détermine l'endosmose de ces vésicules, et par conséquent l'exercice de l'irritabilité ou de l'incurvabilité, dont le mé-

canisme se trouve ainsi dévoilé. Dans l'état naturel, c'est la sève lymphatique ascendante, qui n'est presque que de l'eau pure, qui remplit ici le rôle de liquide extérieur, dont l'accession provoque l'endosmose des vésicules. On peut se convaincre de cette vérité, en laissant flétrir un rameau de balsamine détaché de la plante et chargé d'ovaires. En perdant une partie de l'eau qui les rend turgides, les valves de ces ovaires perdent une partie de leur irritabilité; elles la récupèrent en plongeant l'extrémité du rameau dans l'eau. Ce liquide, pompé par la tige, arrive par les canaux lymphatiques jusqu'aux vésicules des valves, et son accession extérieure détermine leur endosmose, et par conséquent le retour de leur état turgide, ce qui ramène leur irritabilité.

Il était important d'apprécier l'action des différens agens chimiques sur l'irritabilité végétale. Je me suis assuré que les acides affaiblis augmentaient la force de la tendance à l'incurvation dans les valves de la balsamine. Ainsi, en plongeant une de ces valves dans l'eau pure, elle prenait un degré déterminé d'incurvation; si j'ajoutais à l'eau une petite quantité d'acide sulfurique, nitrique ou hydro-chlorique, l'incurvation de la valve devenait à l'instant plus profonde; mais l'incurvabilité de cette valve était altérée, en sorte qu'en la transportant dans du sirop de sucre, elle se redressait, mais sans se rouler en spirale en dehors, comme cela a lieu ordinairement. Si l'action de cet acide affaibli était plus longue, la valve per-

dait entièrement la faculté de se redresser dans le sirop; son irritabilité était complètement détruite. Ce phénomène était le résultat de la coagulation du liquide intérieur des vésicules, coagulation opérée par l'action de l'acide. Alors les vésicules ne contenaient plus un liquide dense, mais simplement un coagulum; elles étaient par conséquent incapables d'exercer l'endosmose, dès lors l'incurvabilité était abolie. L'immersion suffisamment prolongée d'une valve d'ovaire de balsamine dans l'alchool, produit de même, et par la même raison, l'abolition de son incurvabilité. L'immersion suffisamment prolongée dans une solution de potasse caustique, anéantit également l'irritabilité de ces valves, et cela autant par l'altération chimique de leur tissu, que par celle de leurs liquides intérieurs.

Je mis quelques valves de balsamine dans un verre d'eau, à laquelle j'avais ajouté trois gouttes d'hydrosulfure d'ammoniaque. Les valves se courbèrent d'abord profondément en dedans; deux jours après, leur incurvation était beaucoup diminuée. Je les transportai dans l'eau pure; elles y demeurèrent immobiles. Je les transportai dans du sirop de sucre; elles se redressèrent jusqu'à la rectitude seulement, et ne se courbèrent point en dehors, comme cela a lieu ordinairement : remises dans l'eau, elles affectèrent une courbure très-légère en dedans. Ces valves étaient véritablement dans un état d'engourdissement ou de stupéfaction, et cependant elles avaient conservé leur

apparence de vie; elles n'avaient point perdu leur couleur verte, comme cela avait lieu lors de l'abolition de l'irritabilité de ces valves par des acides, par des alkalis ou par l'alchool. Ce fait coïncide avec les observations qui m'ont prouvé que l'hydrogène sulfuré est *ennemi* ou *sédatif* de l'endosmose.

OBSERVATIONS ET EXPÉRIENCES SUR L'IRRITABILITÉ DU MOMORDICA ELATERIUM.

Le fruit du *momordica elaterium*, à l'époque de la maturité, se détache de son pédoncule. A l'instant de cette séparation, le liquide contenu dans la cavité centrale du fruit est expulsé avec violence, mêlé avec les graines, par l'ouverture qui provient de la séparation du pédoncule. A la seule inspection de ce phénomène d'irritabilité, on peut juger qu'il y a là une contraction des parois de l'organe creux sur le liquide contenu dans sa cavité. J'avais d'abord été porté à douter de ce fait; mais l'observation m'a ramené à le reconnaître. Il ne m'a fallu pour cela que mesurer d'une manière exacte les deux diamètres du fruit ellipsoïde, avant et après son évacuation. Ce fruit, après qu'il a expulsé son liquide central et ses graines par une violente expulsion, se trouve diminué environ d'un neuvième dans son petit diamètre, et environ d'un douzième dans son grand diamètre. J'ai pris ces mesures d'une manière extrêmement exacte, avec un

compas de tourneur. Il n'y a donc point de doute ; il y a ici une véritable contraction ; l'organe creux s'est resserré sur lui-même dans tous les sens. Il s'agit actuellement de rechercher le mécanisme de cette contraction. Cette recherche est d'autant plus importante, qu'elle peut fournir par analogie des lumières sur la contractilité des animaux.

Avant sa maturité, le fruit du momordica elaterium ne manifeste aucune tendance à expulser le liquide, alors peu abondant, qui existe dans sa cavité centrale. Cependant, ce fruit vert donne des marques très-sensibles d'irritabilité. Si l'on en coupe une tranche longitudinale, comme on coupe *une côte* de melon, cette tranche se courbe profondément sous forme d'un croissant : cette incurvation augmente encore en plongeant la tranche dans l'eau. Si l'on coupe le fruit par tranches circulaires transversales, et qu'on divise chacune de ces tranches circulaires en deux demi-cercles, chacun de ces demi-cercles se courbe profondément, jusqu'à former un petit cercle complet : cette incurvation augmente par l'immersion dans l'eau. Ainsi, il y a dans le fruit vert du momordica elaterium une tendance générale à l'incurvation : cette tendance, loin de comprimer le liquide central, tend au contraire à lui faire plus de place, puisque par elle le petit diamètre du fruit tend à s'agrandir. Ce n'est donc point cette tendance à l'incurvation qui comprime ce liquide, et qui l'expulse à l'époque de la maturité. Effectivement, à cette époque

et après l'expulsion du liquide central, les tranches longitudinales du fruit ne tendent plus à se courber en dedans sous forme de croissant. Elles conservent leur rectitude, même lorsqu'on les plonge dans l'eau. Ainsi, il y a eu un changement extrêmement notable dans le mode de l'irritabilité du fruit, comparé dans ses deux états de fruit vert et de fruit mûr. Nous allons déterminer, par l'expérience et par l'observation, quel est ce changement survenu.

Le tissu du fruit, examiné au microscope, se trouve spécialement composé de vésicules agglomérées. Ces vésicules vont en décroissant de grandeur de la circonférence au centre. C'est cette grandeur décroissante des vésicules qui se retrouve ici comme dans les valves de l'ovaire de la balsamine, qui détermine de même la tendance à l'incurvation en dedans dans le fruit vert; mais cette grandeur décroissante des vésicules existe aussi dans le fruit mûr. Pourquoi donc n'existe-t-il plus de tendance à l'incurvation en dedans chez ce dernier? c'est ce que l'observation va nous dévoiler.

Les vésicules qui composent par leur assemblage le fruit du momordica, contiennent un liquide organique dense. L'accession extérieure de l'eau ou de la sève lymphatique provoque l'endosmose dans ces vésicules, et par suite l'état turgide et l'incurvation en dedans. C'est pour cela que l'incurvation d'une tranche de ce fruit augmente en la plongeant dans l'eau. Si on la plonge dans du sirop de sucre, la densité de ce li-

quide, plus considérable que la densité du liquide intérieur des vésicules, provoquera l'exosmose dans ces vésicules, et il en résultera que la tranche perdra son incurvation en dedans, et prendra une incurvation en dehors. Si l'on répète ce jeu d'incurvations alternatives dans l'eau et dans le sirop, il arrivera à la tranche du fruit ce qui est arrivé dans la même expérience à la valve de l'ovaire de la balsamine; elle perdra la faculté de prendre de l'incurvation en dedans, en conservant celle de se courber en dehors. C'est le résultat de la soustraction du liquide dense que contenaient les vésicules, soustraction qui a été opérée par l'effet continué de l'exosmose. Or, comme il arrive, lors de la maturité du fruit du momordica, qu'il a perdu sa faculté de se courber en dedans, et que cependant il conserve ses vésicules décroissantes de dehors en dedans, il faut nécessairement que ces vésicules aient perdu une grande partie du liquide dense intérieur qu'elles contenaient, lorsque le fruit était vert. L'expérience va nous dévoiler la cause de cette déperdition.

Le centre du fruit du momordica elaterium contient une substance organique très-singulière, et qui ne ressemble à aucun autre tissu végétal. On le prendrait pour un mucus vert fort épais. Vu au microscope, il paraît composé d'une immense quantité de globules fort petits, agglomérés, tantôt confusément, tantôt de manière à former des stries irrégulières. Cette substance est pénétrée par un liquide blanchâtre,

par une sorte d'émulsion, qui est d'autant plus dense, qu'on l'observe à une époque plus voisine de la maturité. Ce liquide aqueux s'épanche aussitôt qu'on ouvre le fruit vert. Au microscope, on voit des globules presque imperceptibles qui nagent dans ce liquide ; à l'époque de la maturité, ce liquide blanchâtre est beaucoup plus abondant, et en même temps beaucoup plus dense ; les globules qu'il tient en suspension sont devenus beaucoup plus gros. Les graines détachées du fruit nagent dans ce liquide central, qui, par sa densité considérable, provoque l'exosmose des vésicules qui composent le tissu du fruit ; dès lors le liquide organique qui remplit ces vésicules tend, par l'effet de l'exosmose, à s'écouler vers le liquide central, dont la densité est supérieure à la sienne. Cette exosmose fait cesser la tendance à l'incurvation en dedans, qui existait dans toutes les parties du fruit ; qui se trouve alors dans le même cas que s'il était en contact avec du sirop de sucre ; ses côtés tendent alors à la rectitude. La masse du liquide central est augmentée par l'addition du liquide qu'il soutire des vésicules. Les côtés du fruit sont courbés mécaniquement par cette accumulation de liquide dans sa cavité ; et comme ces côtés tendent avec force à la rectitude, ils pressent avec violence le liquide central, et ils le chassent rapidement dès qu'une issue lui est offerte. Cette expulsion n'est pas l'effet de la seule tendance à la rectitude des côtés du fruit ; elle est aussi l'effet de la diminution de la capacité de sa cavité centrale, par

sa contraction générale. Ces deux effets dépendent de la même cause, c'est-à-dire de l'exosmose des vésicules, produite par l'accession extérieure du liquide central, plus dense que ne l'est le liquide qui remplit ces mêmes vésicules. La vérité de cette assertion est prouvée par l'expérience suivante. J'ai pris un nombre suffisant de fruits parvenus à leur maturité, et j'ai recueilli dans un vase le liquide central qu'ils expulsaient, mêlé aux graines; alors j'ai pris un fruit vert, et je l'ai coupé par tranches longitudinales; chacune de ces tranches s'est courbée en croissant, en dedans, comme à l'ordinaire, et cette incurvation s'est augmentée dans l'eau : c'était l'effet naturel de l'endosmose. Alors j'ai transporté ces tranches dans le liquide que j'avais recueilli; elles n'ont pas tardé à diminuer de courbure; ensuite elles se sont redressées complètement; enfin, elles se sont un peu courbées en dehors. Il est prouvé par cette expérience, que le liquide central du fruit mûr agit comme cause d'exosmose sur les vésicules qui composent le tissu du fruit, ce qui prouve que ce liquide est plus dense que ne l'est le liquide qui remplit ces vésicules. C'est donc l'accession ou le contact de ce liquide central, devenu très-dense, qui fait cesser la tendance générale à l'incurvation en dedans, qui existait dans le fruit vert, par l'effet de l'endosmose des vésicules, et qui lui substitue une tendance générale au redressement et à l'incurvation en dehors, par l'effet de l'exosmose de ces mêmes vésicules.

Ainsi, il y a deux phases dans l'irritabilité du fruit du momordica elaterium, savoir; une tendance à l'incurvation en dedans par effet d'endosmose dans le fruit vert, et une tendance à l'incurvation en dehors par effet d'exosmose dans le fruit mûr. Ce changement ne reconnaît d'autre cause que l'augmentation survenue dans la densité du liquide qui occupe la cavité centrale du fruit.

Il résulte de ces observations, que l'irritabilité de l'ovaire de la balsamine et du fruit du momordica elaterium consiste dans une incurvabilité à laquelle se joint une véritable contractilité. L'incurvabilité dépend de la grandeur décroissante des vésicules qui composent le tissu irritable; ce tissu offre, d'un côté, de la *capacité en plus*, et de l'autre côté, de la *capacité en moins*. Ces vésicules contiennent un liquide organique d'une densité toujours supérieure à celle de l'eau; lorsqu'elles subissent l'accession extérieure de l'eau ou de la sève lymphatique, qui diffère peu de l'eau pure, ces vésicules exercent l'endosmose, et le tissu irritable se courbe, de manière que les plus grandes vésicules occupent le côté convexe. Lorsque ces vésicules subissent l'accession d'un liquide plus dense que celui qu'elles contiennent, elles exercent l'exosmose, et il en résulte deux effets; le premier est l'incurvation du tissu irritable, en sens inverse de celui qui avait lieu par endosmose; alors ce sont les plus petites vésicules qui sont au côté convexe; le second effet est la contraction ou le raccourcissement du tissu

irritable : c'est le résultat nécessaire de l'évacuation partielle de toutes ses vésicules composantes. Par cette déplétion, le tissu devient moins volumineux, ou, en d'autres termes, il se contracte.

OBSERVATIONS SUR L'IRRITABILITÉ DE LA SENSITIVE.
(*Mimosa pudica.*)

Dans mes recherches sur la structure des organes irritables de la sensitive (1), j'ai fait voir que ces organes, auxquels j'ai donné le nom de *bourrelets*, sont composés d'un parenchime cellulaire. Ce parenchime n'est autre chose que de la médulle corticale dans un grand état de développement. Dans son centre existe un petit faisceau de tubes lymphatiques et de trachées qui appartiennent à l'étui médullaire du système central. Les vésicules articulées dont se compose le tissu du bourrelet, sont remplies par un liquide diaphane, coagulable par la chaleur et par l'acide nitrique affaibli. Par ce moyen, on produit dans l'intérieur de chacune de ces vésicules un petit coagulum globuleux qui doit son apparence noire à son opacité. C'est ce que j'ai représenté dans les figures 16 et 17 de l'ouvrage cité plus haut. On voit, dans les intervalles de ces corps globuleux, des lignes irrégulières qui indi-

---

(1) *Recherches anatomiques et physiologiques sur la structure intime des animaux et des végétaux, et sur leur motilité.*

quent les sections des parois contiguës des vésicules irrégulièrement divisées par l'instrument tranchant. J'avais considéré les *coagula* globuleux dont il est ici question, comme indiquant l'existence de vésicules globuleuses éparses dans une masse de parenchime cellulaire ordinaire ; mais de nouvelles observations m'ont éclairé sur la véritable nature de ces corps globuleux, qui n'existent point dans l'état naturel, et dont la formation purement artificielle est due à ce que l'acide nitrique froid et affaibli coagule subitement le liquide organique contenu dans chaque vésicule, et à ce que le coagulum se resserre en forme de boule au centre de la vésicule. De nouvelles observations m'ont fait voir que le tissu du bourrelet ou de l'organe irritable de la sensitive, est entièrement composé de vésicules articulées remplies d'un liquide dense, et décroissantes de grandeur de dehors en dedans. J'ai prouvé par des expériences, que c'est exclusivement dans ce tissu vésiculaire que réside l'irritabilité de la sensitive, et que le faisceau central de tubes et de trachées est tout à fait étranger à cette propriété vitale ; enfin, j'ai déterminé le mécanisme des mouvemens qu'exécute la sensitive. Je rappellerai ici très-brièvement ces expériences.

Le pétiole de la feuille de la sensitive possède un double mouvement d'abaissement et de redressement, et c'est le bourrelet situé à sa base qui est l'organe de ce double mouvement. Si, par une section longitudinale, on enlève la partie inférieure du bourrelet,

la partie supérieure de cet organe, restée seule, se courbe en arc, dont la concavité est dirigée vers la terre, et, par ce moyen, le pétiole est maintenu constamment dans l'état d'abaissement. Cet abaissement n'est point le résultat d'un état d'affaissement des cellules du bourrelet, et n'est point un état de flaccidité; le pétiole est maintenu dans cet état d'abaissement par la force d'élasticité de l'arc que forme le demi-bourrelet supérieur. Si, par une pareille section longitudinale, on enlève la partie supérieure du bourrelet à une autre feuille, la partie inférieure de cet organe, restée seule, se courbe en arc, dont la concavité est dirigée vers le ciel, et, par ce moyen, le pétiole est maintenu constamment dans l'état de redressement. Ainsi, le bourrelet de la sensitive peut être considéré comme composé de deux ressorts courbés et antagonistes : le ressort supérieur, en se courbant, abaisse la feuille; le ressort inférieur, en se courbant à son tour, la relève. Lorsque chacun de ces deux ressorts existe seul, il maintient le pétiole dans une position constante et invariable d'élévation ou d'abaissement. Le ressort inférieur, par exemple, existant seul, le pétiole demeure invariablement redressé. Cependant, si l'on néglige d'arroser suffisamment la plante, on voit bientôt le pétiole s'abaisser. La plante cependant n'est pas encore fanée ou flétrie par le manque d'eau, mais déjà il n'y a plus assez d'eau dans le tissu du ressort pour entretenir son état d'élasticité. Il tombe dans le relâchement par flaccidité,

et la feuille entraîne par son poids le pétiole dans l'état d'abaissement. Si on arrose la plante dans ce moment, on ne tarde pas à voir le pétiole se redresser par la force d'élasticité du ressort inférieur du bourrelet, qui reprend son état de courbure naturelle. Ces observations prouvent que l'élasticité des ressorts de l'organe irritable ou du bourrelet est produite par l'état turgide des cellules ou des vésicules qui le composent. Cet état turgide des organes vésiculaires est le résultat de l'endosmose que ces organes exercent par l'accession extérieure de la sève lymphatique ; ainsi, l'endosmose est la cause immédiate de l'élasticité des ressorts de l'organe irritable de la sensitive, de la même manière que cela a lieu chez la balsamine et chez le momordica elaterium. La tendance à l'incurvation des parties du bourrelet de la sensitive est encore mise en évidence par les expériences suivantes. On enlève avec un instrument bien affilé des tranches minces du bourrelet ; elles ne manifestent dans l'air aucun mouvement ; mais si on les plonge dans l'eau, à l'instant elles se courbent en arc, dont la concavité est toujours tournée du côté qui regardait l'axe du pétiole. Si on les transporte dans du sirop de sucre, elles se redressent, et ensuite se courbent par exosmose en sens opposé ou en dehors ; en les transportant de nouveau dans l'eau, elles reprennent par endosmose leur incurvation primitive en dedans. Ainsi, il n'y a point à douter que l'irritabilité de la sensitive ne soit due à l'endosmose d'un tissu vésiculaire dont

ces vésicules sont décroissantes de dehors en dedans; il n'y a point de doute non plus que ce ne soit l'accession extérieure de l'eau ou de la sève lymphatique qui provoque l'endosmose de ces vésicules remplies par un liquide organique très-dense. Ceci m'explique un phénomène dont je ne m'étais pas rendu compte lors de mes premières recherches, et que je m'étais contenté d'exposer. Une excitation exercée sur une seule des folioles de la sensitive se propage au loin dans le végétal, et va déterminer l'action de tous les organes irritables ou de tous les *bourrelets* auxquels elle parvient successivement. Des expériences positives m'ont prouvé que c'est par le moyen du liquide contenu dans les tubes lymphatiques que s'opère la transmission de cette *excitation*, ou plutôt de cette cause excitatrice intérieure, si semblable en apparence à un influx nerveux. J'ai calculé la vîtesse de la marche de cette cause excitatrice intérieure chez la sensitive. Aujourd'hui, les nouveaux faits qui m'ont prouvé que l'action des organes irritables végétaux est toujours mise en jeu par l'accession d'un liquide m'indiquent ici que cette cause excitatrice, qui marche dans les tubes lymphatiques de la sensitive, n'est autre chose que la sève lymphatique elle-même, laquelle reçoit, par l'action des excitans du dehors, un mouvement d'impulsion qui se communique de proche en proche avec une vîtesse déterminée, et qui, par son accession, détermine l'action des organes irritables. Mais il reste toujours à déterminer qu'elle est

la force qui, dans cette circonstance, meut le liquide lymphatique dans ses canaux après l'influence d'une excitation du dehors. Il reste également à déterminer pourquoi l'accession de cette sève lymphatique fait prédominer l'incurvation du ressort supérieur du bourrelet, ce qui abaisse le pétiole. Il reste enfin à savoir pourquoi, après un peu de repos, le ressort inférieur du bourrelet reprend sa prédominence, ce qui relève le pétiole.

OBSERVATIONS SUR L'IRRITABILITÉ DU SAINFOIN OSCILLANT.
(*Hedysarum girans.*)

La feuille du sainfoin oscillant a trois folioles comme la feuille du trèfle. La foliole du milieu, qui est la plus grande, est immobile, mais les deux folioles latérales, qui sont assez petites, sont dans un mouvement continuel d'élévation et d'abaissement alternatifs. Ces mouvemens s'exécutent au moyen de la flexion du pétiole très-grêle de ces petites folioles; ainsi, c'est dans ce pétiole qu'existe l'organe des mouvemens des folioles qu'il supporte. L'extrême ténuité de ce pétiole rend son étude anatomique très-difficile. Il faut, avec un instrument tranchant, délicat et bien affilé, enlever une lame de tissu sur deux côtés opposés du pétiole. Alors, on soumet au microscope la partie moyenne extrêmement mince qui reste. On voit de

cette manière, que le centre du pétiole est occupé par les tubes ou vaisseaux qui se distribuent à la foliole. De chaque côté de ce faisceau central de tubes se trouve un parenchime composé de vésicules globuleuses d'une extrême petitesse, et dont la grosseur est décroissante de dehors en dedans. Ces vésicules contiennent un liquide incolore. C'est ce tissu vésiculaire qui est l'organe irritable.

Le sainfoin oscillant offre des phénomènes d'irritabilité plus remarquables que ceux de la sensitive; car le mouvement de ses folioles dépend d'une cause excitatrice intérieure sans cesse agissante, et qui paraît complètement indépendante de toute excitation extérieure. Les petites folioles de la feuille de cette plante s'élèvent et s'abaissent alternativement, et toujours par petites saccades ; elles effectuent leur descente en se fléchissant d'un côté, et elles opèrent leur ascension en se fléchissant du côté opposé, en sorte que le sommet de la foliole décrit une ellipse. Cette oscillation s'effectue dans l'espace d'une ou de deux minutes. Elle a lieu même pendant la nuit, et s'arrête lorsque la plante est soumise à l'influence d'un soleil ardent. Alors les folioles cessent de se mouvoir, et leur pointe demeure fixement dirigée vers le ciel; la grande foliole impaire prend la même direction. C'est dans le pétiole des folioles qu'existe l'organe irritable auquel est dû leur mouvement. Nous venons de voir que, semblable à tous les organes irritables végétaux, il est composé de vésicules

dont la grosseur est décroissante ; ainsi, il n'y a pas de doute que l'action de cet organe irritable ne dérive d'une tendance à l'incurvation : c'est effectivement ce que l'expérience démontre. J'ai divisé ce pétiole en deux moitiés longitudinales ; à l'instant ces deux moitiés se sont courbées en arc dont l'épiderme occupait la convexité. Cette incurvation devint plus profonde en plongeant ces petits arcs dans l'eau. Ainsi, leur incurvation en dedans avait lieu par endosmose. Je transportai ces petits arcs dans le sirop de sucre ; ils se redressèrent, et ensuite se courbèrent en dehors. Cette nouvelle incurvation avait lieu par exosmose. Ainsi, l'action de l'organe irritable du sainfoin oscillant est exactement semblable à celle de tous les autres organes irritables végétaux. Je divisai longitudinalement un pétiole en deux parties très-inégales ; il n'y avait qu'une lame très-légère de tissu qui fût enlevée d'un côté. Le plus volumineux de ces fragmens de pétiole se courba en arc, dont la concavité était tournée du côté de la section. L'ayant plongé dans l'eau, il se redressa, et immédiatement ensuite il se courba de nouveau, s'agitant ainsi comme un vermisseau. La raison de ces deux mouvemens en sens opposé est facile à saisir. Le pétiole s'est d'abord courbé dans le sens voulu par la prédominance d'action d'incurvation du côté qui avait conservé son intégrité ; ce côté ayant sa masse entière, l'emportait par cela même sur le côté affaibli par l'ablation d'une partie de sa masse ; mais ce dernier, dont l'épiderme

était enlevé, absorbait l'eau avec plus de facilité et de rapidité que ne le faisait son antagoniste; cette cause ayant fait prédominer sa force d'incurvation, malgré son infériorité de masse, il opéra le redressement du pétiole. Mais cet effet ne pouvait être que momentané. L'eau ayant bientôt pénétré dans le tissu du côté intact, provoqua l'endosmose de ses vésicules, et lui rendit sa prédominance de force d'incurvation. Après l'accomplissement de ce dernier phénomène, le pétiole courbé en arc conserve cette position, et reste immobile dans l'eau. J'ajoutai une goutte d'acide nitrique à l'eau dans laquelle était plongé ce pétiole. A l'instant, le pétiole courbé en arc se redressa, puis il se courba de nouveau, et plus profondément qu'auparavant. Cette expérience concourt avec celles rapportées plus haut, pour prouver que l'accession d'un acide provoque l'exercice de l'irritabilité ou de l'incurvabilité végétale avec plus d'énergie, mais de la même manière que le fait l'accession de l'eau pure. Ce fait est très-remarquable, parce qu'il coïncide avec ce fait connu, que les acides provoquent l'exercice de la contraction chez les animaux.

Le pétiole de sainfoin oscillant, auquel on a conservé son intégrité, n'exécute aucun mouvement d'incurvation quand on le plonge dans l'eau. Alors ce liquide pénètre également dans toutes les parties de son tissu; et de l'égalité d'endosmose qui en résulte, naît l'équilibre des forces antagonistes

d'incurvation, qui existent dans l'organe irritable de ce pétiole.

Il résulte de ces observations, que le pétiole des petites folioles du sainfoin oscillant possède, comme le bourrelet de la sensitive, des ressorts antagonistes situés de chaque côté de l'axe commun, et qui tendent tous à se courber en arc, dont l'épiderme occupe la convexité. Il existe autant de ces ressorts antagonistes qu'il y a de diamètres dans la coupe transversale du pétiole; mais les deux ressorts supérieur et inférieur sont ceux dont l'action est la plus énergique et la plus étendue. Chez le sainfoin oscillant, l'action successive de ces ressorts concentriques se manifeste dans le mode d'oscillation des folioles. J'ai dit plus haut que les folioles effectuent leur descente en se fléchissant d'un côté, et qu'elles opèrent leur ascension en se fléchissant du côté opposé, en sorte que le sommet de la foliole décrit une ellipse. Ainsi, il y a dans le pétiole une action d'incurvation qui est révolutive autour de l'axe du pétiole, mais cette action est prédominante dans les deux sens supérieur et inférieur. En supposant par la pensée un grand nombre de ressorts disposés autour de l'axe du pétiole, et tendant tous à tourner vers lui la concavité de leur courbure, nous verrions chacun de ces ressorts entrer successivement en action par l'effet d'une cause déterminante qui serait révolutive autour de l'axe du pétiole. Les ressorts supérieur et inférieur seraient ceux dont l'action aurait le plus d'étendue. De là résulterait l'oscillation

en ellipse, que présentent les folioles du sainfoin oscillant. Cette supposition est exactement ce qui existe, excepté qu'il n'y a point dans le pétiole un grand nombre de ressorts, mais bien un seul ressort tubuleux dont toutes les parties ont une tendance concentrique à l'incurvation, et agissent les unes après les autres, lorsqu'elles subissent l'accession de la cause à marche révolutive, qui détermine l'endosmose de leurs vésicules, et par suite la prédominance de leur force d'incurvation. Les deux ressorts supérieur et inférieur ont sur les ressorts latéraux une prédominance d'action qu'ils doivent, à ce qu'il m'a paru, à la prédominance de leur volume. L'action successive de ces ressorts dans le sens d'une révolution autour de l'axe du pétiole, atteste qu'ils sont successivement rendus turgides par l'accession de la sève lymphatique, qui détermine l'endosmose de leurs vésicules composantes. Mais nous ignorons entièrement quelle est cette cause impulsive de la sève lymphathique, qui, dans cette circonstance, donne au liquide séveux une marche révolutive autour de l'axe du pétiole.

Il résulte de ces observations, que le mécanisme de l'irritabilité du sainfoin oscillant est exactement le même que celui de l'irritabilité des autres végétaux irritables; il n'y a d'inconnu, ici comme chez la sensitive, que la cause intérieure et vitale qui meut la sève lympathique pour opérer son accession aux vésicules de l'organe incurvable. Cette motion de la sève,

considérée comme cause excitatrice immédiate de l'incurvation, paraît avoir lieu suivant une ligne droite chez la sensitive. Elle s'effectue en tournant autour de l'axe du pétiole, chez le sainfoin oscillant.

DE LA

DIRECTION DES TIGES

VERS LE CIEL,

ET DES RACINES

VERS LA TERRE.

La tendance des tiges vers le ciel et la tendance inverse des racines vers le centre de la terre, est un des phénomènes les plus mystérieux de la végétation. J'ai démontré, dans un précédent ouvrage (1), que cette double tendance dérive d'une action organique et vitale exercée par le végétal, et qu'elle n'est point du tout le résultat d'actions immédiates extérieures, telles qu'une attraction qui attirerait les racines, ou bien une répulsion qui repousserait les tiges. Le mécanisme de cette action organique et vitale va être dévoilé par les observations et les expériences suivantes.

J'ai démontré, dans un précédent ouvrage (2), que

---

(1) *Recherches anatomiques et physiologiques sur la structure intime des animaux et des végétaux, et sur leur motilité.*

(2) *Recherches sur l'accroissement des végétaux.*

le végétal est composé de deux systèmes concentriques, le système cortical et le système central, et que ces deux systèmes sont composés de parties semblables ou analogues, disposées en sens inverses. Dans le système central, la moelle ou médulle centrale occupe le centre; dans le système cortical, le parenchyme ou médulle corticale occupe la circonférence. Ce sont ces deux médulles et quelques vaisseaux et trachées qui composent toute l'organisation des tiges et des racines naissantes. Or, il est d'observation que, dans les tiges naissantes, la médulle centrale l'emporte en volume sur la médulle corticale. Au contraire, dans les racines naissantes, la médulle corticale l'emporte en volume sur la médulle centrale, dont l'existence est même difficilement appréciable dans la plupart des circonstances. Cette prédominence inverse des deux médulles dans les tiges et dans les racines est un premier fait qu'il faut noter.

Les deux médulles, corticale et centrale, sont composées de vésicules agglomérées et remplies par un liquide dense. Or, une disposition organique très-importante de ces deux médulles, et qui n'a point encore été observée, est celle-ci : dans la médulle corticale, les vésicules, grandes en dehors, vont en décroissant de diamètre vers le dedans, où elles sont le plus petites; au contraire, dans la médulle centrale, les vésicules petites en dehors vont en augmentant de diamètre vers le centre. Cette disposition est plus ou moins facile à voir chez tous les végétaux. La

moelle offre toujours de grandes vésicules dans son centre ; ces vésicules vont en décroissant de grandeur jusqu'à l'étui médullaire, dans le voisinage duquel elles sont le plus petites. On peut faire cette observation chez tous les végétaux, même chez ceux dont la tige est fistuleuse. Chez ces derniers, la moelle forme les parois du canal central, et les vésicules composantes offrent comme à l'ordinaire une grandeur décroissante de dedans en dehors. Je citerai ici le pissenlit (*leotondon taraxacum*) comme l'une des plantes herbacées chez lesquelles cette disposition est le plus facile à observer. La tige ou hampe de ce végétal est fistuleuse ; son canal médian occupe le centre de la médulle centrale, qui, blanche et diaphane, forme les parois immédiates de ce canal. En dehors existe le système cortical, dont l'épaisseur est moindre, qui est de couleur verte, et qui contient les vaisseaux du suc laiteux. Une tranche mince et longitudinale de cette tige étant soumise au microscope, on voit avec la plus grande facilité le décroissement des vésicules de dedans en dehors ; à l'intérieur, elles ont acquis tant de développement, que la surface interne du canal central s'est garnie d'une multitude de plis transversaux, résultat de l'augmentation disproportionnelle de cette surface par le développement considérable des vésicules agglomérées qui composent le tissu médullaire auquel elle appartient. Le système cortical de la tige du pissenlit est si mince, qu'il n'est guère possible de voir l'ordre de décroissement des

vésicules dont il est composé; mais cela se voit sans difficulté dans le système cortical de la racine de cette même plante. La racine du pissenlit offre un système cortical très-volumineux et un système central très-exigu. Une tranche longitudinale du système cortical étant soumise au microscope, on voit sans difficulté que les vésicules articulées, dont elle paraît entièrement composée, sont décroissantes de grandeur de dehors en dedans. Il résulte de cette organisation inverse du système central et du système cortical, que ces deux systèmes étant isolés et divisés en lanières longitudinales, ces lanières, quand elles appartiennent au système cortical, doivent tendre à se courber en dedans; et quand elles appartiennent au système central, doivent tendre à se courber en dehors. C'est effectivement ce que l'expérience démontre. Une lanière longitudinale d'écorce, prise sur une plante herbacée ou sur une branche très-jeune d'un végétal ligneux, étant plongée dans l'eau, se courbe en dedans. Si on la plonge ensuite dans le sirop de sucre, elle se courbe en dehors. Pour que cette expérience réussisse bien, il faut, chez les végétaux ligneux, enlever l'épiderme qui s'opposerait à la prompte et facile absorption de l'eau par la partie qu'il recouvre. Au contraire, une lanière longitudinale du système central, prise sur une plante herbacée ou sur une branche très-jeune de végétal ligneux, étant plongée dans l'eau, se courbe en dehors; transportée dans le sirop de sucre, elle se courbe en dedans. Les mêmes phénomènes s'obser-

vent sur le système cortical et sur le système central des racines. Ainsi, les tiges et les racines se ressemblent exactement sous le point de vue de ce phénomène physiologique, et par conséquent sous le point de vue de la disposition organique à laquelle ce phénomène est dû. Il résulte de ces observations, que les médulles corticale et centrale sont de véritables organes irritables dont la tendance à l'incurvation a lieu dans des sens diamétralement opposés. Or, comme ces deux systèmes sont cylindriques, et que les parties diamétralement opposées de chaque cylindre tendent à l'incurvation, toutes les deux en dedans, ou toutes les deux en dehors avec une même force, il en résulte que le caudex végétal conserve sa rectitude; elle est le résultat de l'équilibre parfait de toutes les tendances concentriques à l'incurvation. Les expériences qui viennent d'être rapportées prouvent que cette incurvation dépend, comme celle de tous les organes irritables végétaux, 1° de la grandeur décroissante de leurs vésicules composantes, qui offrent d'un côté de la *capacité en plus*, et de l'autre côté de la *capacité en moins*; 2° de ce que ces vésicules contenant un liquide organique d'une densité quelconque, elles exercent l'endosmose lors de l'accession de l'eau, et l'exosmose lors de l'accession extérieure d'un liquide plus dense que celui qu'elles contiennent. Ainsi, d'une part, *capacité en plus* et *capacité en moins* des vésicules, et d'une autre part, *densité en plus* et *densité en moins* des deux liquides intérieur et

extérieur. Voilà les conditions fondamentales de toute incurvabilité végétale, et ce sont effectivement les causes des incurvations spontanées qu'affectent les tiges et les racines. Ces caudex possèdent dans leurs médulles corticale et centrale des organes de mouvement en action d'incurvation permanente, et que l'équilibre parfait de leur antagonisme circulaire condamne au repos dans l'état naturel; mais qu'une cause quelconque vienne à rompre cet équilibre, cette égalité parfaite d'action d'incurvation, à l'instant les caudex végétaux se courberont dans le sens déterminé par l'action d'incurvation de celui de leurs côtés dont la force sera prépondérante. Il ne s'agit donc que de déterminer les causes particulières qui, en détruisant l'équilibre auquel les caudex végétaux doivent leur situation immobile, les détermine à se courber pour affecter des directions spéciales.

La prédominence de l'incurvation en un sens déterminé, dans une tige ou dans une racine, atteste nécessairement la rupture de l'équilibre qui primitivement maintenait chacun de ces caudex dans la rectitude, par l'égalité des tendances concentriques à l'incurvation. Le moyen le plus simple de rompre cet équilibre est de fendre en deux, longitudinalement, chacun de ces caudex. Je fais cette opération, par exemple, sur une tige et sur une racine de haricot nouvellement germé. Considérons séparément ici la tige et la racine. La tige offre une prédominence du système central sur le système cortical; ces deux sys-

tèmes tendent à se courber en sens inverse : or, dans la moitié de tige il y aura une forte tendance du système central à se courber en dehors, et une tendance plus faible du système cortical à se courber en dedans, en raison de la prédominence de masse du premier de ces systèmes. Si donc l'on plonge cette moitié de tige dans l'eau, elle se courbera en dehors par l'effet de l'endosmose, et avec une force qui sera égale à l'excès de la tendance à l'incurvation en dehors du système central sur la tendance à l'incurvation en dedans du système cortical. Si l'on transporte cette moitié de tige dans le sirop de sucre, elle perdra sa courbure en dehors et se courbera en dedans, par l'effet de l'exosmose.

La même expérience, faite sur la moitié de racine de haricot fendue longitudinalement, donne des résultats inverses. La racine offre une prédominence du système cortical sur le système central; par conséquent la tendance du système cortical à se courber en dedans l'emportera sur la tendance du système central à se courber en dehors; et la moitié de racine étant plongée dans l'eau, se courbera en dedans avec une force égale à l'excès de la tendance du système cortical à se courber en dedans, sur la tendance du système central à se courber en dehors : cet effet sera dû à l'endosmose. Si l'on transporte cette moitié de racine dans le sirop de sucre, elle perdra sa courbure en dedans, et prendra une courbure en dehors par l'effet de l'exosmose.

Nulle tige ne manifeste avec plus d'énergie les tendances à l'incurvation dont il vient d'être question, que la tige ou hampe du pissenlit. Une lanière longitudinale de cette tige fistuleuse étant plongée dans l'eau, se roule en dehors sous forme d'une spirale très-serrée. Cette incurvation en dehors a lieu également sans plonger la lanière de tige dans l'eau; mais cette incurvation est bien moins profonde. Si l'on transporte cette lanière de l'eau dans le sirop de sucre, elle perd sa position roulée en dehors, se redresse, et se roule en spirale en dedans. Cette incurvation en dedans est le résultat de la déplétion générale des vésicules par l'effet de l'exosmose. Cela se voit de la manière la plus facile, en soumettant au microscope une petite lanière de tige de pissenlit plongée dans du sirop. On voit ses vésicules composantes, et spécialement les plus grandes, qui sont situées à la partie intérieure, se vider et devenir plus petites. Si on laisse une tige de pissenlit se flétrir un peu avant de la diviser en lanières longitudinales, ces lanières ne se courberont point en dehors dans l'air, comme cela a lieu pour ces mêmes lanières lorsqu'elles appartiennent à une plante fraîche, c'est-à-dire qui contient beaucoup de sève lymphatique. C'est donc l'accession de cette sève lymphatique sur les vésicules remplies d'un liquide dense, qui, dans l'état naturel, provoque l'endosmose de ces vésicules, et par suite l'incurvation du tissu qu'elles forment par leur assemblage. Ces lanières à demi-flétries sont dans l'état de flaccidité. Si

on les plonge dans l'eau, elles reprennent promptement, par l'accession de ce liquide, leur tendance à l'incurvation en dehors. Ainsi, nous voyons que partout l'incurvabilité exige, pour son exercice, l'accession d'un liquide extérieur sur les vésicules qui composent le tissu incurvable, et que ce liquide extérieur est toujours la sève lymphatique, lorsque l'incurvation a lieu par endosmose.

Nous venons de voir que l'incurvation inverse des moitiés longitudinales de tige et de racine est le résultat du défaut d'équilibre en sens opposé, qui existe entre les tendances inverses à l'incurvation des systèmes cortical et central de chacune de ces moitiés de caudex végétal. Ceci va nous conduire à la connaissance de la cause qui détermine les tiges et les racines à se courber dans leur entier en sens opposé, sous l'influence de la pesanteur.

J'ai couché horizontalement une tige ou hampe de pissenlit, et je l'ai maintenue dans cette position au moyen d'un poids placé sur la moitié de sa longueur. Au bout de vingt-quatre heures, la tige couchée s'était redressée et dirigée vers le ciel, en se courbant dansle voisinage de l'obstacle. Je détachai cette tige du sol, j'en retranchai les parties qui avaient conservé leur rectitude. Je ne voulais étudier que la partie courbée. Je fendis longitudinalement cette partie courbée en deux, en suivant le sens de la courbure; j'obtins de cette manière deux moitiés de tige courbées, l'une *aa* (fig. 4) dont l'épiderme oc-

cupait la concavité dirigée dans l'état naturel vers le ciel, l'autre *bb* dont l'épiderme occupait la convexité dirigée dans l'état naturel vers la terre. Ainsi, la première, ou celle d'en haut, était courbée en dehors, et la seconde, ou celle d'en bas, était courbée en dedans. Or, il arriva que la première *aa* augmenta son incurvation en dehors, et que la seconde *bb* perdit une partie de son incurvation en dedans, et tendit à se redresser. Ce phénomène devint encore plus sensible en retranchant deux lanières latérales à chacune de ces deux moitiés de tige fistuleuse, et en ne conservant ainsi qu'une seule lanière médiane pour chacune de ces moitiés. La lanière médiane de la portion supérieure *aa* se courba plus fortement en dehors, la lanière médiane de la portion inférieure *bb* se redressa complètement. Cette observation prouve que la moitié inférieure *bb* était courbée en dedans *malgré elle*, ou dans le sens opposé à celui de sa tendance naturelle à l'incurvation. Etant abandonnée à elle-même par sa séparation de la moitié supérieure *aa*, elle tendait au redressement et à l'incurvation en dehors, qui était le sens naturel de sa tendance, mais cette tendance naturelle à l'incurvation en dehors était affaiblie, elle n'était pas à beaucoup près aussi énergique que celle de la portion supérieure *aa*. Ainsi, dans la plante vivante et sur pied, les deux moitiés longitudinales de tige *aa* et *bb* tendaient toutes les deux à l'incurvation en dehors, comme c'est l'ordinaire. Mais cette tendance à l'incurvation en

dehors étant affaiblie dans la moitié longitudinale inférieure *bb*, et la moitié longitudinale supérieure *aa* ayant conservé sa tendance à l'incurvation en dehors dans toute son intégrité, il est résulté de cette rupture d'équilibre, que la moitié de tige supérieure *aa*, par sa prédominence d'action d'incurvation en dehors, a courbé la tige toute entière dans le sens d'incurvation qui lui est propre. La moitié de tige inférieure *bb* ayant une action d'incurvation en dehors moindre, a été vaincue et entraînée *malgré elle* dans un état de courbure contraire à celui qui résulte de sa tendance naturelle. Ainsi, la courbure que prend une tige couchée horizontalement, pour diriger son sommet vers le ciel, dépend de la rupture de l'équilibre ou de l'égalité d'action d'incurvation en dehors dans ses deux moitiés longitudinales supérieure et inférieure. Cette dernière, qui regarde la terre, étant affaiblie, et son antagoniste, qui regarde le ciel, ayant conservé toute sa force, la tige toute entière est courbée dans le sens d'incurvation en dehors et en haut, qui est propre au côté vainqueur, et le sommet de la tige se trouve ainsi dirigé vers le ciel. Passons actuellement à la cause de la direction des racines vers la terre.

J'ai pris un haricot germé, dont la radicule, parfaitement droite, avait acquis une longueur d'environ un pouce. Je donnai à cette radicule une position horizontale, et bientôt elle se courba pour diriger sa pointe vers la terre. Je détachai cette racine courbée,

et je la fendis longitudinalement en deux, en suivant le sens de la courbure. J'obtins, de cette manière, deux moitiés de racine courbées, l'une *aa* (fig. 5), dont l'épiderme occupait la convexité, dirigée, dans l'état naturel, vers le ciel; l'autre *bb*, dont l'épiderme occupait la concavité, dirigée, dans l'état naturel, vers la terre. Ainsi, la première, ou celle d'en haut, était courbée en dedans, et la seconde, ou celle d'en bas, était courbée en dehors. Ayant plongé ces deux moitiés de racine dans l'eau, la moitié supérieure *aa* augmenta sa courbure; la moitié inférieure *bb*, au contraire, perdit la sienne et se redressa. Par conséquent, dans cette circonstance, la moitié inférieure *bb* était courbée en dehors, *malgré elle*, ou dans le sens contraire à celui de sa tendance naturelle à l'incurvation, tendance qui, chez les racines, a lieu *en dedans*, ainsi que nous l'avons vu plus haut. Cependant, cette moitié longitudinale de racine *bb*, plongée dans l'eau, ne fit que perdre sa position forcément courbée en dehors, elle atteignit la rectitude sans se courber en dedans, comme cela a lieu ordinairement. Cette moitié longitudinale inférieure *bb* a donc perdu une partie de sa tendance à l'incurvation en dedans: cette tendance est affaiblie; or, comme cette même tendance naturelle à l'incurvation en dedans existe dans toute son intégrité chez la moitié longitudinale supérieure *aa*, il résulte de cette rupture d'équilibre, ou de cette inégalité de force d'incurvation en dedans, dans les deux côtés supérieur *aa* et inférieur *bb*, que

ce dernier est vaincu par la prédominance de force d'incurvation, en dedans et en bas de son côté antagoniste *aa;* de cette manière, la pointe de la racine se trouve ramenée vers la terre.

Une conclusion importante se déduit de ces deux observations. Dans la tige courbée (fig. 4), comme dans la racine courbée (fig. 5), c'est toujours le côté supérieur *aa* qui est vainqueur du côté inférieur *bb*, et qui lui imprime de force le mode de courbure qui lui est propre. Cette prédominance d'action d'incurvation du côté supérieur *aa* provient, dans la tige comme dans la racine, de l'affaiblissement de l'action d'incurvation dans le côté inférieur *bb*. Quelle est donc la cause qui, dans une tige ou dans une racine couchée horizontalement, affaiblit la tendance à l'incurvation qui est propre au côté de cette tige ou de cette racine qui regarde la terre? C'est encore l'expérience qui va nous résoudre ce dernier problême. Reportons-nous d'abord à nos connaissances précédemment acquises. Nous savons que la force d'incurvation est proportionnelle à la force de l'endosmose des vésicules qui composent le tissu incurvable; par conséquent, l'affaiblissement de cette force d'incurvation provient de l'affaiblissement de l'endosmose. Il s'agit donc de déterminer quelle est, dans cette circonstance, la cause de l'affaiblissement de l'endosmose. Cet affaiblissement peut avoir lieu de trois manières : 1° par le défaut d'accession de la sève lymphatique en quantité suffisante; 2° par la diminu-

tion de densité du liquide intérieur des vésicules; 3° par l'augmentation de densité de la sève lymphatique, qui est ici le liquide extérieur aux vésicules. Il n'existe aucune raison pour qu'il y ait une diminution dans la quantité de sève lympathique que reçoit la partie latérale inférieure des caudex végétaux, couchés horizontalement; il n'existe, de même, aucune raison pour que le liquide intérieur des vésicules composantes de cette même partie latérale inférieure éprouve de la diminution dans sa densité par l'effet de la pesanteur. L'exclusion de ces deux premières manières dont peut avoir lieu l'affaiblissement de l'endosmose, nous met dans la nécessité d'adopter la troisième, et nous allons voir cette adoption confirmée et légitimée par l'expérience. Lorsque deux liquides, imparfaitement mêlés, sont réunis dans un même vase, le plus dense se précipite vers la partie inférieure, et le moins dense occupe la partie supérieure. Or, la sève lymphatique n'est point un liquide homogène et partout le même; lors de son introduction dans le végétal, ce n'est que de l'eau pure; cette eau acquiert peu à peu une densité plus considérable, par la dissolution qu'elle opère des liquides organiques. Ce fait est bien prouvé par les expériences de M. Knight. Lorsqu'un caudex végétal est couché horizontalement, la sève la plus dense doit se précipiter vers le côté qui regarde la terre; la sève la plus aqueuse, et par conséquent la plus légère, doit demeurer dans le côté qui regarde le ciel.

Cette induction rationnelle est pleinement confirmée par l'expérience. Je pris de jeunes tiges de bourache dont j'avais sollicité le redressement vers le ciel, en les maintenant courbées vers la terre. Je retranchai les parties droites de ces tiges, et ne conservai que les portions courbées. Je fendis en deux ces tiges courbées par une section longitudinale pratiquée dans le sens de la courbure, de la même manière que cela est représenté pour la tige du pissenlit, dans la fig. 4. Je plongeai ces deux moitiés de tige dans l'eau : elles se précipitèrent au fond, parce que leur pesanteur spécifique était plus considérable que celle de l'eau. Je les transportai dans de l'eau sucrée, suffisamment dense pour que ces deux moitiés de tige surnageassent; alors j'ajoutai de l'eau peu à peu à la solution sucrée, et je diminuai ainsi sa densité d'une manière graduelle; bientôt je vis la moitié de tige inférieure, c'est-à-dire celle qui, dans l'état naturel, était située du côté de la terre, se précipiter au fond du liquide, tandis que la moitié de tige supérieure continuait de surnager. J'ai répété cette expérience un grand nombre de fois, et toujours avec le même résultat. Je dois faire observer ici que l'on ne doit faire cette expérience qu'avec des plantes dont la moelle est entièrement remplie de liquides, et ne contient point d'air du tout. Or, les jeunes tiges de bourache remplissent parfaitement à cet égard les vues de l'expérimentateur; il faut avoir soin seulement qu'il ne reste point de bulles d'air adhérentes

aux poils dont l'écorce de la plante est chargée. Ces expériences prouvent que la tige qui s'est courbée pour se redresser, offre une pesanteur spécifique plus grande dans sa moitié longitudinale inférieure que dans sa moitié longitudinale supérieure; celle-ci contient donc des liquides dont la densité est plus grande que ne l'est la densité des liquides contenus dans la moitié supérieure. Cette déduction est rigoureuse; car la matière solide du végétal, qui consiste toute entière dans les parois des vésicules ou des tubes, n'est pas susceptible d'augmenter de pesanteur d'un instant à l'autre. La sève lymphatique, au contraire, peut devenir plus dense en très-peu de temps dans la partie latérale qui regarde la terre, chez une tige ou chez une racine placée horizontalement, parce que la pesanteur précipite nécessairement vers la partie inférieure la portion la plus dense ou la plus pesante de cette sève, dont la diffusion s'opère avec la plus grande facilité dans le tissu végétal. Les résultats de cette précipitation de la sève, la plus dense dans la partie latérale inférieure des caudex placés horizontalement, sont faciles à déduire. Nous avons vu plus haut que l'accession extérieure de la sève lymphatique sur les vésicules composantes des tissus incurvables, est la cause de l'endosmose de ces vésicules, et par suite la cause de l'incurvation des tissus qu'elles composent. Or, plus ce liquide extérieur est dense, moins il y a de force d'endosmose dans les vésicules, moins par conséquent il y a de force d'incurvation. La partie

latérale des caudex horizontaux qui regarde la terre, contenant une sève lymphatique plus dense que ne l'est celle que contient la partie latérale opposée qui regarde le ciel, il en résulte une rupture de l'équilibre qui existait antérieurement entre les tendances concentriques à l'incurvation. Le côté inférieur se trouve affaibli, le côté supérieur a conservé toute la force de sa tendance à l'incurvation; dès lors ce dernier, doué d'une force prédominante, entraîne son antagoniste vaincu dans le sens d'incurvation qui lui est propre. Ce sens propre de l'incurvation est en dehors pour la tige et en dedans pour la racine, par conséquent dans la tige horizontale, le côté qui regarde le ciel se courbant en dehors, dirige le sommet de cette tige vers le ciel; et dans la racine horizontale, le côté qui regarde le ciel se courbant en dedans, dirige la pointe de cette racine vers la terre. Ces deux caudex opèrent ensuite leur élongation, selon les directions opposées dans lesquelles ils sont constamment maintenus par la cause qui les y a placés. Voilà tout le mystère de ces deux directions spéciales opposées l'une à l'autre. Il n'y a point, à proprement parler, de tendance de la tige vers le ciel, ni de tendance de la racine vers la terre; il n'existe dans ces caudex végétaux que des tendances à l'incurvation dans des sens diamétralement opposés, et qui sont mises en jeu par l'action de la pesanteur, ce qui fait que ces caudex végétaux affectent la direction verticale.

Ce n'est pas seulement lorsque la racine et la tige

sont horizontales, qu'elles se fléchissent pour se diriger, la première vers la terre, et la seconde vers le ciel. Le retournement de ces caudex végétaux a lieu également lorsqu'ils sont verticalement placés dans une position renversée, c'est-à-dire la racine en haut, et la tige en bas. Il semblerait que, dans cette circonstance, la théorie que je viens d'exposer ne serait point applicable, puisqu'il n'y aurait point de *côté* ou *de partie latérale inférieure* vers laquelle la sève la plus dense ait à se précipiter. Mais il ne faut pas perdre de vue que la rectitude mathématique n'appartient point aux caudex végétaux; il en résulte qu'il est impossible de donner à ces caudex renversés une position verticale dans le sens rigoureux et mathématique. J'ai expérimenté que lorsqu'on dirige vers le ciel des radicules de graines en germination, l'inflexion de ces radicules, pour se retourner, a toujours lieu du côté où elles ont une inclinaison, même la plus légère. La même chose a lieu pour les tiges; mais il est nécessaire de faire observer que ces expériences doivent être faites dans une obscurité complète, car la lumière possède sur les tiges une grande puissance pour opérer leur direction. Ainsi, c'est toujours la partie latérale la plus basse ou la plus voisine de la terre, qui, dans les caudex végétaux, perd une partie de la force de sa tendance naturelle à l'incurvation. Il n'est pas nécessaire pour cela que cette partie latérale soit placée horizontalement; la plus légère déviation de la position verticale suffit pour produire

cet effet. On sent que s'il était possible qu'une radicule fût pourvue d'une force d'incurvation mathématiquement égale dans toutes ses parties latérales opposées, et qu'elle fût dirigée vers le ciel dans une position verticale mathématique, elle resterait dans cette position, n'y ayant aucune raison qui puisse la déterminer à opérer son inflexion d'un côté plutôt que d'un autre. Mais cette égalité mathématique dans les forces opposées qui animent les côtés opposés de la radicule n'existe point. Sa rectitude mathématique n'existe point non plus; par conséquent, sa position verticale mathématique est impossible; et quand bien même cette position serait possible, la radicule ne laisserait pas de trouver un moyen de commencement d'inflexion dans le défaut d'une égalité mathématique entre les forces d'incurvation de ses parties latérales opposées; et dès lors, l'action de la pesanteur agirait sur cette radicule fléchie, pour déterminer l'achèvement de son inflexion : le même raisonnement peut être fait par rapport à la tige.

Au reste, ce n'est que dans leur jeunesse, et tant qu'ils conservent leur flexibilité, que les caudex végétaux peuvent opérer leur retournement, qui devient impossible lorsqu'ils ont acquis de la dureté; aussi les arbres, dont le bois est très-mou, conservent plus long-temps que les autres cette propriété de se fléchir spontanément. J'ai vu un peuplier (*populus fastigiata*) de la grosseur du poignet, qui, placé accidentellement dans une position inclinée, se courba pour ra-

mener la partie supérieure de sa tige à la position verticale; mais il lui fallut toute une période annuelle de végétation pour opérer cette inflexion.

Lorsque des graines en germination sont fixées à la circonférence d'une roue, soit verticale, soit horizontale, qui tourne avec une certaine rapidité, les tiges se dirigent vers le centre de la rotation, et les racines vers la circonférence. On doit la découverte de ce phénomène à M. Knight, et j'en ai confirmé la réalité par mes expériences. J'ai fait voir en même temps que cette double direction des caudex végétaux n'a point lieu lorsque la rotation trop lente ne produit point de force centrifuge appréciable. La cause de cette double direction est facile à déterminer. Les deux caudex opposés d'une graine en germination A (fig. 6), sont disposés tangentiellement à la circonférence d'une roue qui tourne rapidement sur son axe; la force centrifuge projette la sève la plus dense vers le côté extérieur *bb* de la tige et de la racine; de là résulte l'affaiblissement de la force d'incurvation de ce côté, et la prédominance de force du côté opposé *aa*; dès lors le côté *a* de la tige, dont la force est prédominante, et qui tend à se courber en dehors, dirige le sommet de la tige vers le centre de la rotation; comme on le voit en B, le côté *a* de la racine, dont la force est également prédominante, et qui tend à se courber en dedans, dirige la pointe de la racine dans une direction opposée à celle de la tige.

Ces observations, comme on le voit, dévoilent

complètement le phénomène jusqu'ici si mystérieux de l'ascension des tiges et de la descente des racines. Ce phénomène est beaucoup plus simple qu'on ne paraissait le supposer. Certains esprits ont pu être tentés de croire qu'il existait là une sorte de *polarité* analogue à celle qui dirige les deux pôles opposés de l'aiguille aimantée vers les deux pôles de la terre, mais toutes les expériences portent à rejeter bien loin cette hypothèse. La double tendance qui résulte de la polarité appartient à toutes les parties dans lesquelles un aimant peut être divisé. Or, dans une tige séparée de sa racine, il n'existe plus de double tendance. C'est toujours sa partie demeurée libre et mobile qui se dirige vers le ciel. Ainsi, en supposant cette tige suffisamment entretenue de sève lymphatique et placée dans une position horizontale, on verra sa partie inférieure se diriger vers le ciel lorsque sa partie supérieure sera fixée invariablement. Si cette tige horizontale est fixée par son milieu, ses deux moitiés se dresseront également vers le ciel; si cette tige horizontale et ployée en arc est fixée par ses deux extrémités, cet arc horizontal se dressera, et deviendra vertical; il est donc bien prouvé qu'il n'existe dans la tige aucune *polarité*, aucune tendance à diriger spécialement son sommet vers le ciel; il n'y a point chez cette tige une disposition ou une organisation spéciale qui exige que son sommet soit en haut et que la base soit en bas. C'est simplement en sa qualité de partie libre et mobile, que le sommet de la tige est dirigé vers le ciel. La base de cette tige peut être ar-

tificiellement placée dans cette direction, sans qu'il en résulte aucun inconvénient pour le végétal. C'est ce qui arrive lorsqu'on plante des arbres *la tête en bas*. Ainsi, il n'y a point à douter que le phénomène de la direction spéciale qu'affecte la tige et la racine n'ait sa cause toute entière dans le mode particulier d'incurvation qui est propre à cette tige et à cette racine.

Il y a des tiges qui dirigent leur sommet vers la terre comme des racines. Cela provient indubitablement de ce que, par anomalie, elles possèdent la même organisation que les racines. Je n'ai point encore assez étudié ce phénomène.

Il y a des parties des végétaux qui se dirigent vers la lumière, il y en a d'autres qui la fuient. Je possède déjà plusieurs faits pour l'établissement de la théorie de ces deux directions spéciales opposées, mais ce travail est encore trop incomplet pour pouvoir être publié. Je puis dire seulement ici que je regarde comme certain que tous les phénomènes de direction spéciale que présentent les végétaux, soit dans leur action de rechercher ou de fuir la lumière, soit dans leur sommeil ou dans leur nutation, dépendent des diverses manières dont l'équilibre ordinaire de leurs forces d'incurvation peut être altéré par la présence ou par l'absence de la lumière. Ici s'ouvre un champ très-vaste de recherches extrêmement curieuses.

FIN.

TABLE

DES MATIÈRES.

Pages.

Nouvelles recherches sur l'endosmose et l'exosmose. 1

Recherches sur la cause et sur le mécanisme de l'irritabilité végétale. 55

De la direction des tiges vers le ciel, et des racines vers la terre. 89

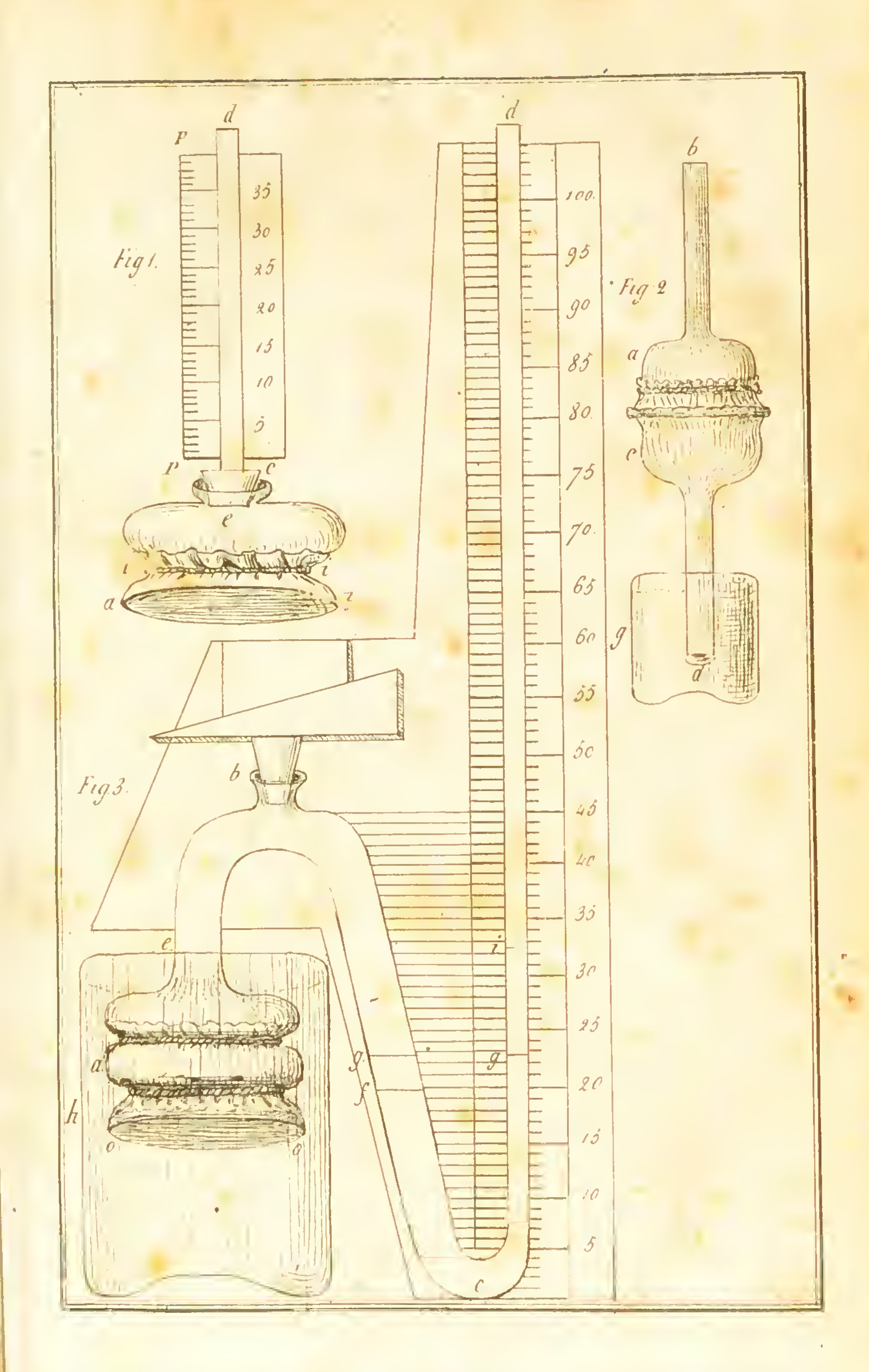


Fig 1.
Fig 2
Fig 3.
35
30
25
20
15
10
5
100.
95
90
85
80.
75
70.
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5

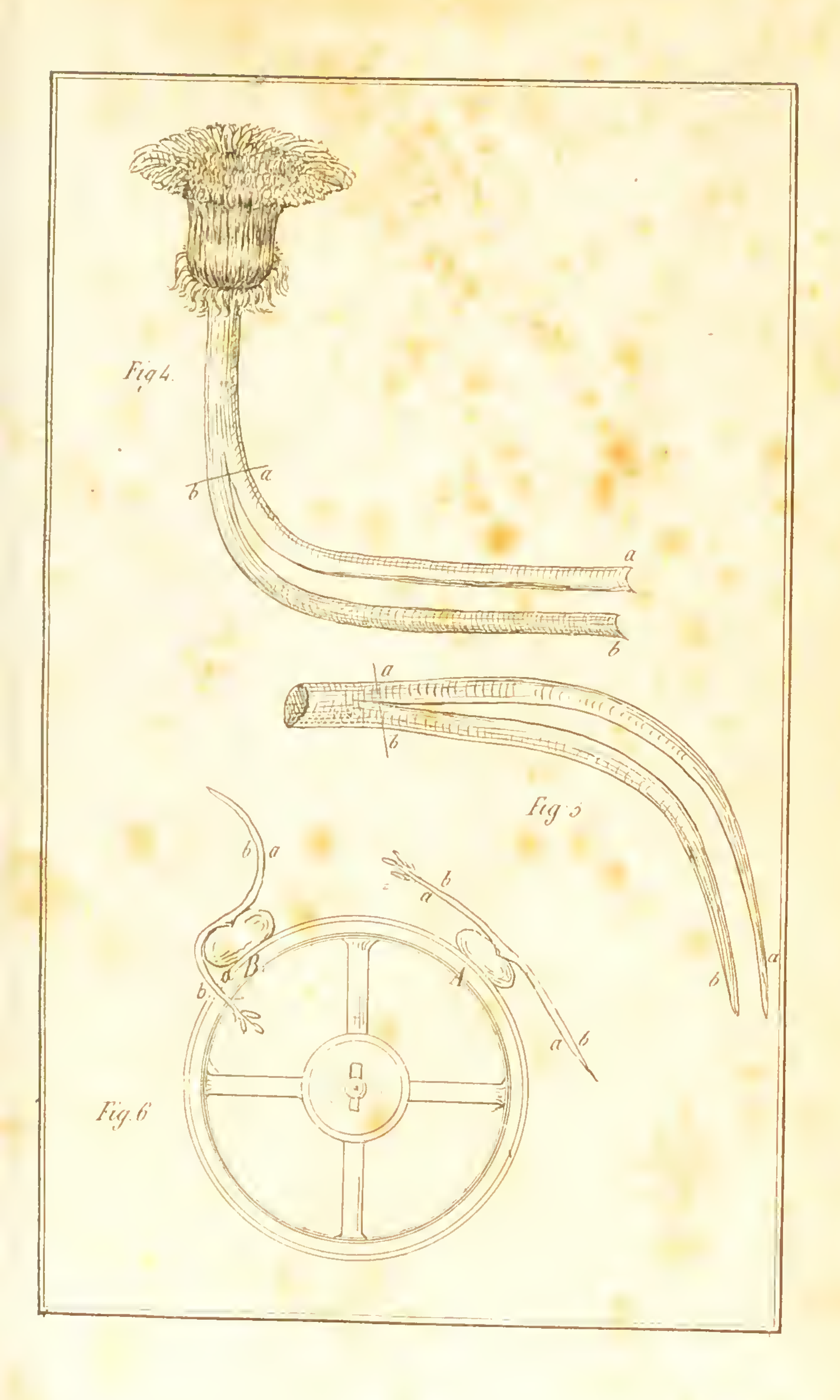


Fig 4.
a
b
a
b
a
b
Fig 5
b
a
b
a
b
a
b
a
a B
b
A
a
b
Fig. 6

